



**Ivo Alexandre Mota
Cardoso Da Silva**

**Desenvolvimento de soluções de simulação de Lean
Management**



**Ivo Alexandre Mota
Cardoso da Silva**

**Desenvolvimento de soluções de simulação de Lean
Management**

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial na, realizada sob a orientação científica do Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes, Professor Auxiliar convidado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Dedico esta dissertação a todas aos meus amigos, família e professores que me ajudaram em todo o meu percurso académico, e que de outra forma seria impossível chegar a este patamar

o júri

presidente

Professora Doutora Maria João Machado Pires da Rosa
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Cristóvão Silva
Professor auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra

Professor Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Lopes Borges
Professor auxiliar convidado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao Professor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes, orientador deste projecto, pelo seu tempo disposto e colaboração durante a elaboração deste trabalho

Aos colaboradores da unidade de Gestão de Operações da VLM Consultores, S.A. ,Engº Nuno Troia, Engª Susana Pinto e Engº Pedro Marcos, que me proporcionaram este projecto e experiência profissional e a todo o apoio prestado

A todos os colaboradores da VLM Consultores S.A., que me proporcionaram um apoio incondicional ao longo do meu projecto

Aos meus amigos, que me motivaram e me encaminharam a dar o melhor de mim

Aos meus pais, meus mentores e responsáveis por todo o suporte necessário, os quais não seria possível atingir esta fase

palavras-chave

Lean, thinking, VSM, mapeamento, simulador, template, *Kaizen*, balanceamento.

resumo

Hoje em dia o *Lean Thinking* assume um papel importante na indústria, e como tal destaca-se o *Value Stream Mapping*, como ferramenta de iniciação a projectos *Lean*. Uma compreensão clara sobre o tema e uma metodologia de apoio adequada à indústria nacional é uma necessidade a preencher. Destacar todos os passos necessários e o desenvolvimento de soluções é um ponto também importante. O desenvolvimento de uma ferramenta electrónica para a elaboração de VSM's para alguns torna-se importante e necessário. Apesar de haver muita literatura sobre a temática *Lean Thinking*, torna-se difícil entender os conceitos sem experiência ou prática. De modo a comutar esse problema recorre-se a simulação física para facilitar aprendizagem de um dado conceito, ou mesmo de uma situação real. De acordo com os objectivos e aprendizagens, pode-se ajustar a complexidade da simulação.

keywords

Lean, thinking, VSM, mapping, simulator, template, Kaizen, leveling.

abstract

Nowadays, Lean Thinking assumes an important role in industry's environment, and great importance is given to Value Stream Mapping, as a tool to start Lean projects. Clear understanding about the thematic and a support mythology shaped towards to national industry it's a need to fulfill. Highlight all the needed steps and the development of solutions it's also an important stage. Also the development of an electronic tool to create VSM's it is important and needed to some business cores.

Regardless of the existing literature about Lean Thinking, it's hard to understand the concepts without any practice or experience. In a way to commute this problem, physical simulation is used towards to easy learning of any concept, or a real situation. According to goals and apprentices, it's possible to adjust the complexity of the simulation.

Índice

Índice de Figuras.....	iii
Índice de Tabelas.....	v
Acrónimos	vii
1. Introdução.....	1
1.1 Objectivos do projecto	1
1.2 Metodologia	2
1.2.1 Metodologia para o VSM para PME	2
1.2.2 Simulador de um <i>Layout</i> de uma linha de produção	2
1.2.3 Melhoramento do template para VSM.....	3
1.3 Descrição da empresa.....	3
1.3.1 VLM Consultores, S.A.	3
1.3.2 Unidade de negócio de Gestão de Operações na VLM Consultores	4
1.4 Estrutura.....	5
2 Do TPS para o <i>Lean Management</i>	7
2.1 <i>Toyota Production System</i>	7
2.2 A Casa do TPS.....	8
2.2.1 Gestão visual.....	9
2.2.2 <i>Toyota Way</i>	9
2.3 <i>Lean Thinking</i>	10
2.3.1 Os sete desperdícios.....	11
2.3.2 Princípios do <i>Lean Thinking</i>	12
2.4 Ferramentas e técnicas do <i>Lean Thinking</i>	13
2.4.1 Mapeamento do Fluxo de Valor	14
2.4.2 Balanceamento	16
2.4.3 Comboio logístico.....	17
2.5 Ciclo PDCA.....	17
2.5.1 O <i>Kaizen</i> e o PDCA.....	18
3. Desenvolvimento do projecto: Metodologia do VSM e aplicações.....	21
3.1 Metodologia para o VSM	21
3.1.1 Recolha de dados	22

3.1.2	Indicadores.....	23
3.1.3	Evolução do VSM na VLM Consultores	24
3.1.4	Etapas do VSM	25
3.2	Desenvolvimento do simulador.....	34
3.2.1	Escolha do Objecto	34
3.2.2	Componentes da ficha	35
3.2.3	Definição da 1ª iteração do simulador	36
3.2.4	Desenvolvimento da 2ª iteração.....	46
3.2.5	Desenvolvimento da 3ª iteração.....	52
3.3	Template para o VSM.....	59
3.3.1	Etapas do programa.....	59
4	Conclusões e trabalho futuro	65
4.1	Conclusões gerais	65
4.2	Trabalho futuro e limitações	69
	Bibliografia	71
	Anexos	75

Índice de Figuras

Figura 1: A Casa TPS (Liker & Meier, 2005).	8
Figura 2: A casa Lean (Insyte Consulting, 2010).	13
Figura 3: Ciclo de Deming (Deming, 1986).	18
Figura 4: O ciclo PDCA e a melhoria contínua.	19
Figura 5: Etapas do VSM.	26
Figura 6: Matriz de Produtos (Resource Engineering, 2004).	27
Figura 7: Mapeamento do fluxo de valor pela VLM Consultores.	30
Figura 8: Componentes de uma ficha inglesa.	35
Figura 9: Esquema de montagem pino fusível + fusível.	37
Figura 10: Esquema de montagem suporte fusível + fusível.	37
Figura 11: Diagrama de precedências.	38
Figura 12: <i>Layout</i> para a 1ª iteração do simulador.	39
Figura 13: Tempos de operação por postos.	41
Figura 14: Identificação dos fusíveis de acordo com a tabela 6.	42
Figura 15: Template usado para as ordens de fabrico.	44
Figura 16: Disposição do material do simulador – 1ª iteração.	46
Figura 17: 1ª iteração do balanceamento.	49
Figura 18: 2ª iteração do balanceamento.	50
Figura 19: 3ª iteração do balanceamento.	51
Figura 20: 4ª iteração do balanceamento.	51
Figura 21: Novo <i>Layout</i> após o Balanceado.	52
Figura 22: Imagem de um <i>Kanban</i> de <i>picking</i> (à esquerda) e caixas com <i>kanbans</i> de <i>picking</i> (à direita).	53
Figura 23: <i>Kanban</i> de produção.	54
Figura 24: Gestão visual para o <i>Pull</i>	55
Figura 25: Zoneamento para os postos 1 e 2.	55
Figura 26: Disposição do material do simulador - 3ª iteração.	58
Figura 27: Template VSM, Menu.	59
Figura 28: Template VSM, Processos.	60
Figura 29: Template VSM, Métricas nos processos.	60
Figura 30: Template VSM, <i>Work in progress</i> e Ligações.	61
Figura 31: Template VSM, Inserir Dados.	61
Figura 32: Template VSM, Cliente e Fornecedor.	62
Figura 33: Template VSM, Definição do controlo de produção.	62
Figura 34: Template VSM, Definição de ligações.	63
Figura 35: Template VSM, Nome do ficheiro.	63
Figura 36: Template VSM, VSM final.	64
Figura 37: VSM da simulação.	67

Índice de Tabelas

Tabela 1: Guia para um fluxo de valor <i>Lean</i>	31
Tabela 2: Nomes dos componentes da ficha eléctrica inglesa	36
Tabela 3: Operações necessárias à montagem da ficha eléctrica	37
Tabela 4: Operações nucleares e tempos relativos a montagem. Na última coluna estão os valores percentuais em função do tempo total	40
Tabela 5: Tempos de operação por posto	41
Tabela 6: Tipos de fusíveis.....	42
Tabela 7: Capacidade processo ao longo do tempo	42
Tabela 8: Descrição da equipa	45
Tabela 9: Operações de montagem e identificação de tarefas desnecessárias	47
Tabela 10: Novo conjunto de operações elementares	48
Tabela 11: Tempos estimados das operações (14 à 21).....	50
Tabela 12: Dimensionamento das caixas de supermercado	53
Tabela 13: Dimensionamento do supermercado	56

Acrónimos

AWT: *Available working Time*

C/O: *Changeover Time*

C/T: *Cycle Time*

GM: *General Motors*

GO: *Gestão de operações*

JIT: *Just In Time*

KPI: *Key Process Indicator*

L/T: *Lead Time*

VSM: *Value Stream Mapping*

PDCA: *Plan, Do, Check, Act*

PME: *pequenas e médias empresas*

OF: *ordens de fabrico*

TPS: *Toyota Production System*

TMC: *Toyota Motor Company*

VBA: *Visual Basic for Applications*

VCT: *Value Creating Time*

EPEX: *Every part every X (unidade de tempo)*

1. Introdução

Actualmente existe uma enorme popularidade sobre o *Lean Thinking* no mundo organizacional. É uma filosofia bastante recente, que nasceu do sistema de produção da *Toyota*, onde recentemente provou a sua potencialidade quando ultrapassou a *General Motors*. O *Lean Thinking* é uma filosofia de melhoria contínua de todos os processos que geram ou não valor para a empresa, através da remoção de desperdícios. Apesar de parecer um processo simples, onde as empresas urgem para implementar as técnicas/ferramentas do *Lean Thinking*, esquecem-se que primeiro é uma filosofia empresarial e não uma solução milagrosa. Desta forma procuram de imediato eliminar os desperdícios presentes no fluxo de valor e ficam satisfeitos com os resultados a curto prazo. O problema surge quando as melhorias não são benéficas para todo o fluxo de valor e os problemas surgem de forma inesperada, a longo prazo. De modo a colmatar esse problema, foi destacada a ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM), a qual é sugerida como base de apoio a iniciação da melhoria contínua. A VLM Consultores, está consciencializada sobre tal facto e apoia todos os seus projectos de *Lean Thinking* sobre a ferramenta, dando-lhe um enorme destaque e valor. De facto é de perceber que esta ferramenta pode ser aplicada em qualquer organização pois:

“Whenever there is a product for a customer, there is a value stream” (Rother & Shook, 1996).

Na VLM está bem presente a melhoria contínua, onde existe uma necessidade de revisão da informação sobre o *Value Stream Mapping* e futuramente a documentação da mesma. O objectivo é melhorar a abordagem e os resultados dos projectos. Existe também a preocupação em transmitir a metodologia ao cliente, de modo a que este aprenda e aplique este conceito no seu meio. Desta forma a VLM Consultores, pretende envolver ainda mais os seus clientes nos seus projectos de forma a ter um auxílio extra para a resolução dos problemas. De modo auxiliar a troca de VSM, entre o cliente e VLM Consultores, decidiu-se elaborar um template que permita ao cliente criar os seus próprios VSM facilmente. Pretende-se que a plataforma digital usada para elaborar o template seja o mais comum, de modo aproveitar os recursos existentes, tanto dos clientes como da VLM Consultores.

A VLM Consultores também disponibiliza serviços de formação profissional, orientados para a transmissão de conhecimentos em *Lean Thinking*. De modo a tornar as formações mais interessantes e eficazes, a VLM Consultores procura sempre o desenvolvimento de formações dinâmicas e inovadoras. Nessas formações recorre-se muito a técnicas de simulações físicas de modo que seja possível a transmitir ao formando conhecimentos sobre a temática, consolidando-os através de uma vertente prática. As simulações desenvolvidas não são só apenas orientadas para a formação, i.e., a simulação serve para prever ou explicar a mecânica de um sistema ao implementar novas técnicas. Através das simulações, consegue-se prever se uma determinada solução é válida ou mesmo transmitir ao cliente uma visão mais realista do sistema.

1.1 Objectivos do projecto

No âmbito do estágio de Mestrado Engenharia e Gestão Industrial, do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, da Universidade de Aveiro, e de acordo com as necessidades futuras da unidade de Gestão de Operações foram elaborados três objectivos principais para concretizar ao longo do estágio:

- Acompanhamento, documentação e análise de implementações de VSM em PME, para a criação de uma metodologia de implementação de VSM para PME. Deste modo pretende-se eliminar problemas detectados até a data pela empresa, onde futuramente pretende-se transmitir a metodologia às empresas de modo a criar um impacto positivo tendo como objectivo a implementações futuras de metodologia.

- Criação/Melhoria do template digital existente para desenho do VSM em formato digital. Pretende-se que desta forma o tempo utilizado na elaboração do VSM seja reduzido, em relação ao antigo *template*. O objectivo é também disponibilizar um *template* ao cliente que lhe permita facilidade na realização de um VSM. Em ambientes empresariais, nomeadamente PME, o *Microsoft Excel* é um programa muito comum e por isso optou-se por esta plataforma.

- Desenvolvimento de um simulador de uma linha de produção para transmissão de conhecimentos sobre o *Lean Management*. Este simulador irá ser fortemente orientado para formações, onde como é óbvio o simulador deve ser propício à transmissão de conhecimentos, sendo que os conteúdos abordados devem ser tratados/aplicados de acordo com o público-alvo.

1.2 Metodologia

1.2.1 Metodologia para o VSM para PME

Como primeiro objectivo foi proposto a elaboração de uma metodologia para a implementação de *Value Stream Mapping* (VSM) em pequenas em médias empresas. Inicialmente será elaborada uma revisão bibliográfica sobre o VSM e todos os conceitos inerentes.

Através da análise da documentação fornecida pela unidade de gestão de operações pretende-se encontrar informação relevante de modo auxiliar a elaboração da metodologia. Essa documentação contém informação relativamente a serviços fornecidos pela unidade a PME nacionais. Os serviços prestados, incluíram a implementação de técnicas e ferramentas de *Lean Thinking*, tendo sido usado o VSM como uma ferramenta de abordagem aos problemas a resolver.

1.2.2 Simulador de um *Layout* de uma linha de produção

A unidade de gestão de operações também presta serviços de formação profissional para empresas. Como tal foi pedido a elaboração de um simulador de um *layout* de produção para ser utilizada em formações.

Irá ser necessária uma pesquisa sobre o tema *Lean Management*, de modo a identificar as ferramentas mais indicadas para o simulador. Após a identificação de potenciais ferramentas, procede-se a uma selecção adequada das mesmas, para que exista alguma compatibilidade entre o produto de demonstração, o *layout* da linha de produção e os objectivos das formações prestadas pela VLM Consultores. Quando se verificar que está reunida toda a informação necessária, procede-se então a documentação de toda a informação relativa ao *layout* de montagem.

Prevê-se ainda aplicar a metodologia do VSM, que irá ser desenvolvida ao longo do estágio.

1.2.3 Melhoramento do template para VSM

Na VLM Consultores existe um template elaborado no programa *Microsoft Office Excel*, que serve para elaborar em formato digital o VSM e entregar ao cliente. Na verdade a construção do VSM deve ser feita recorrendo apenas a lápis e papel, e não digitalmente (Abdulmalek & Rajgopal, 2007), mas quando se trata de transmitir a informação ao cliente é necessário que exista um suporte digital, para evitar deslocações e facilitar a visualização da informação. Foi escolhido o Excel para a elaboração do template, já que a maioria das empresas possui este *software*.

O template existente actualmente na empresa não é muito versátil nem prático, pois quando existe a necessidade de se alterar qualquer parte de um VSM é praticamente necessário construir um novo. Acresce ainda o facto de não ser um processo muito rápido e simples, devido à aplicação de fórmulas e cálculo de valores, para calcular as métricas essenciais inerentes aos processos.

De momento pensa-se recorrer a macros do *Excel*, de forma a validar certas alterações que forem feitas ao template. Caso se venha a constatar que as macros não são suficientes ou capazes de melhorar o template existente, pode-se sempre optar pelo uso do Visual Basic para aplicações, que o Excel suporta.

O *Visual Basic for Applications* (VBA) é uma linguagem de programação, de facto é a mesma que *Visual Basic* mas com algumas limitações.

1.3 Descrição da empresa

1.3.1 VLM Consultores, S.A.

A VLM Consultores foi fundada em 1995 por três elementos, estando actualmente dois desses elementos a exercer funções na empresa como administradores. Actualmente a empresa emprega mais de 60 colaboradores.

A empresa iniciou a sua actividade na freguesia de Esgueira, e devido as necessidades de crescimento ao longo de 16 anos, houve a necessidade de transitar de instalações mais do que uma vez, estando actualmente sediada em Mamodeiro, Aveiro, no edifício Aveiro *Business Center*. Actualmente a VLM Consultores partilha as instalações com 3 empresas: *KLIM Consulting*, *Network Concepts* e *Walk*. Para além da partilha das instalações, estas empresas trocam a prestação de serviços e apoio mútuo criando sinergias entre as mesmas.

A VLM Consultores é constituída por várias unidades de negócio, fornecendo os seguintes serviços:

- sistemas de gestão;
- gestão de operações;
- capital humano;
- economia e finanças;
- ambiente;
- segurança no trabalho;
- segurança alimentar.

Os serviços são prestados através de diferentes áreas de negócio presentes na VLM Consultores, mas não significa que estas operem isoladamente. Pelo contrário, existe uma forte interdependência entre as várias áreas tornando a VLM Consultores numa empresa competitiva, sendo actualmente uma das mais fortes na área de consultoria do país.

A VLM Consultores tem como missão ser uma empresa de prestação de serviços de soluções de engenharia, gestão e de serviços de formação, com o objectivo de melhorar as potencialidades e competências dos seus clientes. Os seus serviços procuram potencializar o capital humano das empresas, tendo por base nos serviços prestados o conhecimento e a inovação.

Na VLM Consultores, é exigido o profissionalismo dentro e fora da organização de modo a que exista um ambiente de trabalho favorável e a transmissão de confiança aos clientes.

Para atingir o sucesso, é de extrema importância que na VLM Consultores se estabeleça confiança nas relações profissionais. Para tal tem-se em conta pontos-chave como o estabelecimento de relações mutuamente favoráveis para o estabelecimento de relações duradouras e de confiança.

Existe uma forte orientação para o cliente em função da satisfação do mesmo. Compreender as dificuldades e fornecer soluções para além das expectativas do cliente é algo que a VLM Consultores leva muito a sério.

Os serviços prestados são em torno do cliente, onde as soluções são fornecidas de acordo com as necessidades e possibilidades do mesmo. Os serviços visam procurar soluções para os problemas actuais e futuros dos clientes através de conhecimento e *Know-how*, soluções estratégicas para o longo prazo.

Por fim, a VLM Consultores tem em conta a responsabilidade social, procurando interagir positivamente com a sociedade e cumprir a legislação em vigor e aplicável.

1.3.2 Unidade de negócio de Gestão de Operações na VLM Consultores

A gestão de operações é uma função administrativa obrigatória em todas as empresas de produção de bens ou de serviços. O objectivo da gestão de operações é gerir da maneira mais eficiente possível todos os processos de transformação de *inputs* em *outputs*. É de sublinhar que as operações são o núcleo técnico de qualquer empresa, pois são as operações que vão gerar valor para a empresa e para o cliente.

“A gestão de operações é a função responsável pela gestão das actividades que produzem os produtos e/ou serviços que as organizações disponibilizam no mercado” (Pinto, 2006).

A unidade de Gestão de Operações (GO) da VLM Consultores foi criada juntamente com a empresa, há 16 anos. É a unidade que presta serviços orientados para a eficiência organizacional e melhoria contínua através de intervenções directas ou indirectas ou também de acções formativas.

“A gestão de operações consiste na aplicação de práticas organizacionais com o objectivo de criar o mais alto nível de eficiência possível a todos os níveis da organização” (Walk, 2011).

Na VLM Consultores, a unidade de GO tem acompanhado as evoluções constantes desta área. Como tal está fortemente vocacionada para a prática e transmissão de conhecimentos de *Lean Thinking*, assim como para a criação de soluções adequadas aos seus clientes (maioritariamente pequenas e médias empresas). Devido à experiência em *Lean Management*, a unidade já conseguiu criar metodologias de apoio para implementações usuais. Ou seja, soluções para os clientes de modo a quebrar barreiras e dificuldades frequentemente encontradas. O objectivo, dos consultores de GO é

dar a perceber e ajudar a atingir o verdadeiro potencial dos clientes, através de acções de melhoria. Estas acções focam-se em processos produtivos, actuando sobre desperdícios e fontes dos mesmos.

Esta unidade fornece também serviços de formação relacionados com a área de GO. Ficar familiarizado com a terminologia *Lean Management* e os seus conceitos, é necessário para que os seus clientes entendam o que a unidade de GO faz, para que possam prestar auxílio adequado ao desenvolvimento de soluções adequadas aos clientes fornecendo as direcções necessárias de modo a fornecer sustentabilidade. Transmitir conhecimento também é uma forma de fornecer ao cliente as direcções necessárias para garantir a sustentabilidade.

1.4 Estrutura

Este trabalho está dividido em quatro capítulos distintos. Primeiramente elaborou-se um capítulo introdutório onde são descritos todos os objectivos do estágio. De seguida descreveu-se qual a metodologia a seguir ao longo do trabalho sendo referidos os pontos mais importantes. Também foi necessário fazer uma breve descrição da empresa, assim como da unidade de Gestão de Operações.

No segundo capítulo é realizado um enquadramento teórico de modo a sustentar o trabalho realizado. O enquadramento teórico engloba alguns conhecimentos históricos que levaram ao surgimento do *Lean Thinking*. Posteriormente é feita uma ligeira abordagem de algumas ferramentas e técnicas do *Lean Thinking*.

De seguida o 3º capítulo está dividido em três partes de acordo com os objectivos impostos. Em primeiro lugar é descrita toda a metodologia para o VSM em pequenas e médias empresas. Posteriormente é descrito todo o processo necessário à elaboração do simulador. Como pretendido associou-se ao simulador algumas ferramentas *Lean Thinking* e foi explicado como implementá-las no simulador. Por fim, foi feita uma descrição de toda a lógica do *template* para o VSM.

No 4º e último capítulo são apresentadas todas as conclusões e limitações relativamente a cada um dos objectivos disposto no 3º capítulo. Tendo em conta a melhoria contínua foi também proposto para cada um dos objectivos trabalho futuro a desenvolver.

2 Do TPS para o *Lean Management*

2.1 *Toyota Production System*

Em 1908, nos Estados Unidos da América foi produzido o primeiro carro a baixo custo e com facilidade de manutenção, o Ford T. Tal foi possível pois Henry Ford criou a primeira linha de montagem assim como a produção padronizada, levando assim ao nascimento da produção em massa. A produção em massa permitia a produção em grande escala através do trabalho padronizado, que levava a maximização da força de trabalho, resultando em baixos custos de produção e com produtos de qualidade superior. Estes foram os factores de sucesso do Ford T.

Desta forma, os Estados Unidos da América perceberam rapidamente os benefícios da produção em massa adoptando esta filosofia de produção. Assim começou o capitalismo Americano e durante anos a produção em massa na indústria foi fonte de inspiração em todo o mundo.

Curiosamente, na indústria automóvel nasceu outro tipo de filosofia de produção, que veio a retirar a atenção do conceito de produção em massa. A produção em massa nasceu com a Ford e perdeu a relevância com o aparecimento *Toyota Production System* (TPS), o modelo de produção da *Toyota Motor Company* (TMC).

A TMC foi fundada no Japão em 1937 através de grandes incentivos do governo Japonês e iniciou a produção de automóveis tendo como primeiro modelo o Toyota AA. Inspirado pela cultura americana, a produção em massa, Kiichiro Toyoda, filho do fundador da TMC, visitou instalações da Ford nos Estados Unidos da América de forma a perceber bem esta filosofia e implementá-la posteriormente na TMC.

Anos mais tarde o Japão entra na 2ª Guerra Mundial, onde a TMC iniciou a produção de camiões militares em grande escala para o governo japonês, ganhando experiencia e conhecimento no ramo. Porém em 1945, a 2ª Guerra Mundial termina deixando o Japão fragilizado economicamente. Com escassez de recursos no Japão devido ao baixo poder de compra, a TMC não consegue ter sucesso na implementação da produção em massa. Em 1956, Taiichi Ohno, engenheiro da TMC, visitou também as instalações da Ford para perceber a grande evolução da produção em massa. Durante a visita percebeu que a produção em massa já implementada em grande escala necessitava de ajustes e melhorias nas linhas de produção pois muitos dos processos eram muito repetitivos e não acrescentavam valor. De volta ao Japão, Taiichi Ohno, começou por implementar um sistema de produção baseado numa filosofia contínua de melhoria através da eliminação de desperdícios nos processos de produção. Esta filosofia foi designada de TPS contribuindo para minimizar os problemas de escassez de recursos no Japão que até a data não permitia a produção em massa.

Com o surgimento das crises petrolíferas (1967, 1973, 1979 e 1980) as empresas começaram a enfrentar grandes dificuldades devido a subida do preço do barril de petróleo. A TMC, devido aos seus processos de produção extremamente eficientes consegue controlar os seus níveis de produção mesmo com a enorme subida do preço do barril de petróleo. A TMC começa a ganhar impacto no mercado automóvel, e o TPS começa a chamar a atenção de entusiastas e a dar provas das suas enormes potencialidades.

O TPS, mais tarde conhecido como produção *Lean* tomou fortes proporções a nível mundial, sendo estudado e implementado em várias empresas por todo o mundo ao longo dos anos.

Em 2008 a TMC passa a número um de vendas a nível mundial, destronando a GM (Duarte, 2009). De seguida são descritos quais os factores empresariais em que a *Toyota* se baseou para atingir o sucesso.

2.2 A Casa do TPS

O TPS nasceu sobre dois conceitos: *Jidoka* e *Just-in-time*. O conceito *Jidoka* pode ser compreendido como automatização inteligente dos processos, garantindo a qualidade durante o processo fabril. O conceito *Just-in-time*, recorre a uma filosofia de produção onde apenas deve ser feito o que é preciso, quando é preciso e na quantidade precisa, sempre em função do processo seguinte num fluxo contínuo (Toyota Motor Company, 2011).

Para que estes dois conceitos sejam os pilares do TPS, foi necessário criar a base de apoio para os mesmos, onde estão presentes quatro conceitos fundamentais:

- *heijunka*;
- *toyota way*;
- processos estáveis e normalizados;
- gestão visual;

Para um melhor entendimento do TPS, elaborou-se a casa do TPS como é representada na figura 1, disposta em várias divisões que correspondem e mostram qual o objectivo dos conceitos desenvolvidos pela TMC. Já identificados os pilares e a base do TPS, é de mencionar que o conteúdo da casa ou núcleo do TPS é a melhoria contínua, *Kaizen* (Liker & Meier, 2005).

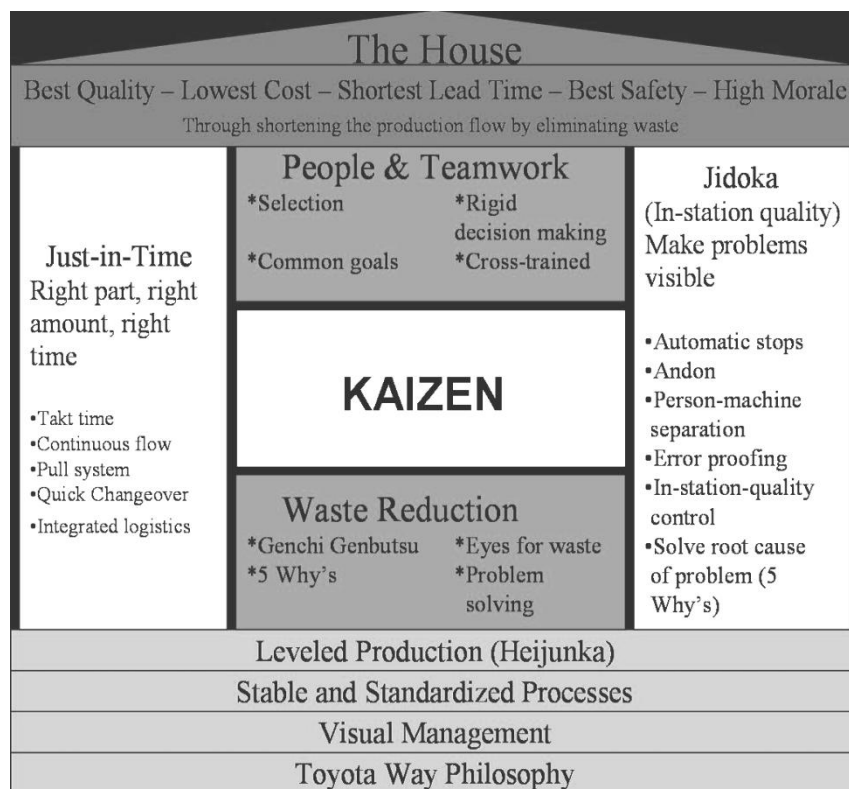


Figura 1: A Casa TPS (Liker & Meier, 2005).

Associado à melhoria contínua, *Kaizen*, está a redução de desperdícios como aspecto mais importante. A redução de desperdício vai levar sem dúvida a organização a concentra-se nos processos que realmente interessam à organização, de forma a aumentar a eficácia do uso dos

recursos disponíveis. Por fim, também central para o TPS está as pessoas e o trabalho de equipa. O trabalho de equipa já bastante enraizado na cultura japonesa foi de imediato destacado pela TMC. A TMC também percebeu que existe um forte potencial na força de trabalho, as pessoas, destacando a sua importância.

Através do alinhamento de todos os conceitos será possível maior qualidade, uma redução de custos e um menor *lead time*¹.

2.2.1 Gestão visual

A gestão visual permite a transmissão de informação da forma mais rápida possível, ao invés de ser apresentada em texto. A gestão visual vem facilitar a interpretação da informação de modo a que exista rapidez de processamento da mesma, o receptor consegue extrair a informação com simples olhar. De facto a gestão visual encontra-se presente no dia-a-dia de todas as pessoas, nos supermercados, parques de estacionamento, etc. A gestão visual vem melhorar o fluxo de valor, ao auxiliar o operador de modo a que este não tenha dificuldades em realizar as suas tarefas. Para a gestão é também sem dúvida um auxílio, pois permite absorver de imediato qual o estado da situação.

Aliada a gestão visual podem estar sinais, dependendo das formas, sistema de cores ou tamanhos, e a sua gama de aplicação parece não ter limites indo desde delimitação de espaços, luzes de controlo, quadros de estado, indicadores de acção, etc. (Liker, 2004).

2.2.2 Toyota Way

O *Toyota Way* é baseado em 14 princípios pelos quais a *Toyota* se rege e que levou ao seu sucesso. Esses princípios foram identificados por Liker (2004), e podem ser agrupados em quatro categorias:

- filosofia a longo prazo:
 - a) sustentar as decisões a longo prazo, mesmo à custa de objectivos financeiros de curto prazo.
- definir correctamente os processos:
 - b) criar fluxo contínuo para tornar os problemas evidentes;
 - c) aplicar *Pull* para evitar excesso de produção;
 - d) nivelamento da produção;
 - e) implementar qualidade para fazer tudo bem à primeira;
 - f) padronizar tarefas e processos como a melhoria contínua e o *empowerment*;
 - g) gestão visual;
 - h) usar tecnologia 100% fiável de acordo com as pessoas e processos.
- desenvolver as pessoas de modo a criar valor para a organização:
 - i) criar líderes que vivam e percebam a filosofia e que a consigam ensinar;
 - j) desenvolver equipas e pessoas que sigam a filosofia;
 - k) respeitar toda a cadeia de abastecimento através do desafio e inter-ajuda.

¹ Tempo que um determinado produto demora a percorrer toda a cadeia de abastecimento

- melhoria contínua para uma aprendizagem contínua:
 - l) actuar pessoalmente de forma a perceber qualquer circunstância.
 - m) tomar decisões lentamente através do consenso e agir com rapidez;
 - n) tornar-se numa organização baseada na aprendizagem e conhecimento através da melhoria contínua;

A organização que tenda a seguir todos estes princípios estará seguramente a definir-se como sustentável e a adquirir competitividade. Obviamente que todas as organizações têm diferentes contextos e a adopção assertiva destes princípios não parece possível. O objectivo não deverá ser adoptá-los no seu estado bruto mas antes criar uma linha de orientação cabendo à organização moldá-los à sua natureza. Existe este destaque aos princípios da *Toyota* pois percebe-se que a aplicação isolada das ferramentas do TPS não é suficiente. A evolução do TPS levou ao que hoje em dia chama-nos de *Lean Thinking*.

2.3 *Lean Thinking*

O TPS foi evoluindo ao longo do tempo pois, tratando-se de uma filosofia de melhoria contínua, foi dando provas do seu grande potencial. Tornou-se a assim a última tendência a nível de filosofias de gestão empresarial e foi alvo de estudo por várias pessoas em todo mundo. Em 1988, John Krafcik usou o termo *Lean* para descrever esta nova filosofia empresarial. Até a data o termo usado era o Toyotismo (Krafcik, 1988). O termo *Lean* foi usado para descrever o que hoje em dia chama-mos de *Lean Thinking*, baseado no sistema TPS. O sucesso do *Lean* foi de tal ordem que transitou da indústria automóvel para a indústria em geral e também para as empresas de prestação de serviços.

O *Lean Thinking* é uma filosofia de gestão que procura desenvolver e melhorar os processos empresariais, para a criação de valor, através da redução de desperdícios, melhoria da qualidade e aumento da flexibilidade organizacional (Pinto, 2008).

Liker (2004), afirma que 90% das actividades de uma empresa são actividades que não acrescentam valor, e o pensamento *Lean* visa reduzir ou eliminar essas actividades, pois interferem negativamente com os 10% que acrescentam valor (Liker, 2004).

As actividades que não acrescentam valor, designam-se por fontes de desperdício, e opta-se por reduzir ou eliminar de acordo com o desperdício gerado:

- puro desperdício;
- desperdício necessário.

O puro desperdício são todas as actividades que não são necessárias e não agregam qualquer tipo de valor. Quanto ao desperdício necessário, são actividades que não agregam valor e no entanto necessárias. Por exemplo operações de setup de equipamentos, inspecção de materiais, serviços administrativos (Hicks, 2007). Após a diferenciação da natureza dos desperdícios, passa-se a classificação dos mesmos.

2.3.1 Os sete desperdícios

Nas actividades que não acrescentam valor, encontra-se sempre um dos setes desperdícios, identificados por Taiichi Ohno (Ohno, 1988) :

- Defeitos – defeitos, *scrap* ou *rework*, são assim classificados quando não cumprem com os requisitos de conformidade. Os defeitos devem ser prevenidos ao invés de serem detectados, através de sistemas como o *Poka-Yoke*² e trabalho normalizado.
- Sobre-produção – este desperdício faz referência à produção excessiva, muita das vezes proveniente de economias de escala ou de mau planeamento da produção. Para a eliminação deste desperdício a TMC propôs usar o JIT e o *Kanban* de forma a poder controlar a produção, produzindo conforme as necessidades.
- Espera – períodos em que não existe aproveitamento dos recursos devido a estagnações. Tempos de setup, avarias no equipamento ou processos que trabalhem por lotes grandes são fontes deste desperdício, dando origem a fluxos inconstantes de material e informação imprecisa.
- Transporte – movimentações de pessoas, materiais ou equipamento que não acrescentam valor. Normalmente são repetidas várias vezes resultando em gastos de energia, tempo e dinheiro. Uma das técnicas usadas para combater este desperdício são as células de fabrico, de modo a não criar grandes distâncias entre os processos.
- Movimentações inúteis – associado a todos os movimentos provocados pela má ergonomia do local do trabalho, resultando em perdas de tempo e má qualidade do trabalho.
- Produção desnecessária – quando é realizado trabalho a mais do que pedido pelo cliente para um determinado produto, trabalho que agrega mais valor ao produto do que o valor pré-estabelecido.
- *Stocks* – todo o armazenamento excessivo de produtos ou de matérias-primas resulta em perdas de espaço, deficiente organização e em alguns casos em deterioração dos materiais/produtos. Provavelmente este é um dos piores desperdícios, pois o excesso de *stocks* cria o efeito de maré de *stocks*³.

Existe um oitavo desperdício identificado: o não aproveitamento do potencial humano. Como grande parte da literatura não dá ênfase a este oitavo desperdício, não será abordado neste trabalho.

Mais importante do que eliminar desperdícios é identificá-los. Uma técnica simples e eficiente usada para detectar desperdício é a técnica dos “5 *Whys*”. Os desperdícios sugam recursos das organizações em todo o tipo de vertentes onde muitas vezes basta um pouco de curiosidade e senso comum para eliminar os desperdícios e tornar a empresa mais competitiva (Suzaki, 2010).

² *Poka-Yoke* - sistema à prova de erros para prevenir a ocorrência de erros ou falhas em processos de fabrico, de modo a garantir produtos conformes

³ Maré de *stocks* – um efeito gerado pelo excesso de inventário. Quanto maior for o nível de inventário mais difícil é detectar os problemas no fluxo de valor

2.3.2 Princípios do *Lean Thinking*

O *Lean Thinking* centra-se em torno de cinco princípios ordenados, de forma a servir uma lógica de implementação da filosofia nas organizações. Estes princípios foram identificados por Womack e Jones (1996), formando um ciclo repetitivo sem fim (Staats, Brunner, & Upton, 2011):

- **Valor** - é definido pelo cliente em função do produto/serviço, serve também para analisar quais os processos que adicionam valor;
- **Fluxo de valor** - identificação de todos os processos existentes no fluxo de valor para uma determinada família de produtos, de forma a ser possível analisar quais os processos que não acrescentam valor e procedem a sua eliminação;
- **Fluxo contínuo** - estabelecer fluxo contínuo para os produtos de modo a que estes não estagnem entre os processos e o tempo de entrega ao cliente seja o menor possível;
- **Pull** - deixar que seja o cliente a ditar as necessidades de produção, onde apenas será produzido o que for realmente necessário;
- **Perfeição** - atingida através da melhoria contínua, onde se procura remover todos os desperdícios inerentes ao fluxo de valor;

É de realçar que o *Lean* não é só orientado para uma constante remoção de desperdício, mas também para ir de encontro às necessidades do cliente através da criação de valor. O *Lean* tem como objectivo oferecer cada vez mais valor para o cliente mas com menos recursos (Lean Enterprise Institute, 2009).

Fluxo contínuo

Implementar o fluxo contínuo é um passo importante no fluxo de material. Para implementá-lo é necessário que exista uma necessidade de balanceamento entre os processos (de modo a eliminar a acumulação de *stock*). Da mesma forma deixa de haver tantos tempos de espera e consequentemente a conversão de matéria-prima em valor acrescentado é mais rápido.

O ponto óptimo do fluxo contínuo é o *one-piece-flow*, onde deixa de existir operações em lotes e todos os processos operam unitariamente. Muitas vezes é difícil alcançar o *one-piece-flow* pois existem processos que não o permitem. Desta forma a sobre utilização do equipamento e produção em grandes volumes deixam de existir e dá uma forte importância ao JIT e a filosofia *Pull* (Li & Rong, 2008).

Pull

Ao contrário da filosofia *Push*, a produção *Pull* é despoletada pelo cliente. Uma organização que opera sobre *Pull* apenas vai iniciar a produção de um determinado produto caso exista uma procura. O *Push* por sua vez baseia-se na produção em massa e força o escoamento dos produtos para o mercado, onde normalmente acarreta em custos devido a produtos se tornarem obsoletos com o passar do tempo.

Na prática a produção *Pull* é despoletada através do sistema de *Kanbans*, um fluxo de informação que transita de um determinado processo para outro a montante. Desta forma o processo

cliente informa o processo fornecedor apenas quando este necessita (Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson, 1999).

Melhoria Contínua: Eventos *Kaizen*

O *Kaizen*, ou melhoria contínua, é uma filosofia empresarial que nasceu juntamente com o TPS. Para o *Kaizen* a busca pela melhoria não termina, onde qualquer processo de uma organização deve ser melhorado continuamente de forma a assegurar ou aumentar a qualidade dos produtos/serviços. Cada vez que se identifica e se implementa uma melhoria, ou seja, um evento *Kaizen*, posteriormente é necessário que haja monitorização e ajustamento das melhorias, segundo um ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). Os eventos *Kaizen* vão trazer pequenas melhorias contínuas, e não retratam a inovação. Os eventos *Kaizen* podem ser divididos em dois tipos, de acordo com o seu foco: *Kaizen Blitz* ou *Kaizen Burst* (Liker & Meier, 2005).

Os *Kaizen Blitz* têm como foco a eliminação ou a redução de desperdícios. Estes desperdícios são os mesmos caracterizados anteriormente por Taiichi Ohno (Laraia, Moody, & Hall, 1999). Normalmente estes eventos estão associados a um processo ou actividade específica.

Os *Kaizen Burst* são eventos de melhoria do fluxo da cadeia de valor, estando centrados em processos. Estes eventos estão focados no fluxo de material e informação.

Na maior parte das vezes as melhorias implementadas estão relacionadas com ferramentas/técnicas de *Lean Thinking*, onde de seguida se faz uma pequena abordagem as mesmas.

2.4 Ferramentas e técnicas do *Lean Thinking*

Tal como o TPS, existem ferramentas e técnicas que suportam, ajudam a implementar e a mantém o pensamento *Lean*, tendo como origem o TPS. Na Figura 2 podemos então ver quais as que constituem a casa *Lean*.

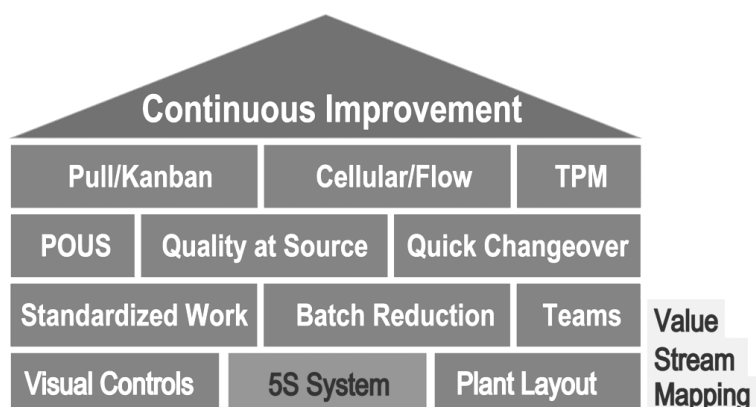


Figura 2: A casa Lean (Insyte Consulting, 2010).

É de sublinhar que apenas a implementação das ferramentas *Lean* a nível técnico numa organização não significa que se traduza em sucesso, pois como foi dito anteriormente o pensamento *Lean* é uma filosofia, e como tal deve estar inculcada no dia-a-dia dos colaboradores da organização. Para que se possa começar a implementar um projecto deve existir pelo menos alguns factores chave para que o projecto *Lean* tenha sucesso (ITC, 2004):

- empenhamento da gestão de topo;
- participação de todos os colaboradores afectados pelo projecto;
- informar e formar todos os intervenientes das ferramentas e métodos *Lean* a usar;
- criar um ambiente de motivação, através da compreensão dos benefícios e de um ambiente de liderança.

Assegurando estas directrizes numa organização já existe um suporte válido para começar a implementar ferramentas *Lean*. Como a casa *Lean* sugere o VSM serve como ferramenta base para iniciar a implementação das outras ferramentas. O telhado da casa, a melhoria contínua, serve para lembrar a todo o momento que a simples implementação das ferramentas *Lean* não é suficiente. Ao longo do trabalho algumas ferramentas/técnicas *Lean* serão mencionadas onde se achou necessário destacar e descrever as mais importantes para este trabalho.

2.4.1 Mapeamento do Fluxo de Valor

Estando na base da casa *Lean*, a ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor serve como plataforma de iniciação de implementação de projectos *Lean*. O VSM, é uma ferramenta visual para desenhar todos os processos de uma organização de modo a perceber os fluxos (situação actual) e melhorá-lo (situação futura). Esta ferramenta tem como objectivo facilitar a percepção de toda a cadeia de valor presente na organização, incorporando o fluxo de material e de informação, desde o fornecedor ao cliente. A ferramenta tenta ainda dar a entender todos os processos da organização numa visão holística, e não de forma isolada. Para além da representação gráfica, anexados a cada processo estão dispostos os KPI⁴ essenciais. Só pelos simples facto de conseguirmos visualizar todo o fluxo da organização, também é possível identificar o fluxo de desperdícios e consequentemente a sua origem. É uma ferramenta que se foca muito em eventos *Kaizen*, e como é possível ter uma visão holística estes vão ser mais adequados a toda a cadeia e não ao processo em si. O objectivo é também desenhar a solução melhorada da cadeia de valor (situação futura), de modo a perceber se realmente os eventos *Kaizen* são adequados e vão proporcionar melhorias. Estas melhorias devem também ter em conta um guia pré-estabelecido de modo a atingir um VSM *Lean* (Rother & Shook, 1996).

Por ser uma ferramenta extremamente útil e prática, muitas organizações usam o VSM para dar início a projectos *Lean* (Rother & Shook, 1996).

Não é uma ferramenta muito complexa, difícil de receber ou usar, o que leva a uma maior abrangência no número de pessoas que possam usufruir da mesma. O VSM também incorpora informação relativamente ao estado dos processos através de métricas, sendo necessário descrevê-las.

⁴ *Key performance indicator* – indicador de desempenho de uma dada actividade

Métricas usadas no VSM

Para além ser necessário compreender o grafismo do VSM é também importante perceber o significado das métricas usadas. As métricas facilitam a percepção do estado dos processos, ajudando a perceber quais serão os melhores alvos de eventos *Kaizen*. As métricas tipicamente utilizadas na VLM Consultores são:

- *value cycle time* (segundos) - VCT : tempo em que os componentes ou produtos verdadeiramente se transformam num modo em que o cliente está disposto a pagar;
- *cycle Time* (segundos) – C/T: tempo que decorre entre dois componentes ou produtos se constituírem como output de um processo, i.e., de quanto em quanto tempo um componente ou produto é completado num processo ou o tempo que um operador leva a percorrer o trabalho de um processo e repeti-lo de novo;
- *lead Time* (dias) – L/T: tempo que demora uma peça a percorrer a globalidade de um processo ou de toda a cadeia de valor;
- *change over* (segundos) – C/O: tempo de alteração de um tipo de produto para outro;
- número de operadores: elementos necessários para desenvolver o processo (indicado normalmente por um ícone na caixa do processo);
- *every part every x* - EPEX: caracterização da frequência de produção de determinada família de produto, mas fundamentalmente é uma medida de dimensão de lote de produção (por exemplo: se produzir um determinado componente 1 vez em cada 4 dias então EPE=4 dias)
- *avaible working Time* (segundos) - AWT: tempo disponível por turno (em segundos) não considerando intervalos, reuniões ou limpezas /arrumações;
- variabilidade: Número de variações por processo (exemplo: 2 por turno (com impacto no C/O));
- *uptime* (%): fiabilidade do equipamento para o trabalho;
- capacidade do processo: $AWT / C/T * uptime$ (atenção C/O, *Scrap*, e nº de equipamentos ou operadores consoante relevância);
- *scrap rate* / taxa de refugo ou sucata (%);

A análise das métricas deve ser feita em função de objectivos pré-estabelecidos, de modo a obter um fluxo de valor *Lean*.

As características de um fluxo de valor *Lean*

De acordo com Rother e Shook (1996), as características de um VSM *Lean*, são:

Produzir em função do <i>Takt Time</i>	Ao produzir em função do <i>Takt Time</i> é possível ter noção de qual o estado de um dado processo, assim como verificar qual a taxa de produção. O <i>Takt Time</i> serve então para sincronizar toda a cadeia de valor em função da procura do cliente. Em alguns processos não é fácil definir o <i>Takt Time</i> visto que os <i>outputs</i> não são unitários.
Desenvolver fluxo contínuo sempre que possível	O fluxo contínuo baseia-se na produção de produtos na menor quantidade possível. Este conceito desiste da ideia de usar economia de escalas. Através do fluxo contínuo é possível eliminar fontes de desperdício, como excesso de inventário, tempos de espera e reprocessamento. Costuma-se usar o JIT e o <i>Kanban</i> para permitir este

	tipo de fluxo.
Usar Supermercados sempre que não for possível estabelecer fluxo contínuo	De facto, nem todos os processos permitem o fluxo contínuo, e o uso do Supermercado através de um sistema <i>pull</i> é muitas vezes a melhor solução. O uso do Supermercado é uma melhor alternativa à previsão das necessidades do processo a jusante. Mas é de ter em conta que os Supermercados devem ser implementados caso não seja possível de qualquer maneira implementar fluxo contínuo.
Definir qual o processo <i>Pacemaker</i>	O processo <i>Pacemaker</i> é o processo que vai ser agendado de forma a controlar os outros processos do sistema. Deve-se escolher um processo que não esteja a produzir para Supermercado, pois caso exista flutuações no processo <i>Pacemaker</i> estas não serão sentidas nos outros processos. A escolha do processo <i>Pacemaker</i> vai ditar quais os seguintes processos que farão parte e terão impacto no <i>Lead Time</i> .
Nivelar a produção mista, no processo <i>Pacemaker</i>	Nivelar a produção mista, significa produzir pequenos lotes de diferentes produtos alternadamente, em vez de produzir os diferentes lotes de uma só vez. De facto percebe-se que ao nivelar a produção mista no processo <i>Pacemaker</i> , é possível responder aos pedidos do cliente de forma mais eficiente, pois o processo <i>Pacemaker</i> é que aciona os outros processos de produção. Uma técnica muito usada para ajudar no nivelamento é a <i>Heijunka Box</i> , que através de <i>Kanbans</i> dispostos numa caixa em função do tempo e tipo de produto. Assim desta forma é fácil responder a oscilações da procura do cliente e manter o <i>Takt Time</i> .
Dar ordens de produção por <i>pitchs</i>	Se forem dadas ordens de produção de enormes quantidades, vão existir grandes problemas no chão de fábrica. Nomeadamente perde-se a noção do <i>Takt Time</i> e de <i>Pull</i> , tornando-se desta forma difícil prever se a produção está atrasada ou adiantada sendo mais difícil responder a oscilações da procura do cliente. O que se deve fazer é dar ordens de produção de pequenas quantidades, <i>Pitch</i> , ao processo <i>Pacemaker</i> . O objectivo é estabelecer uma relação de igualdade entre as ordens de produção e produtos acabados, ou seja, emitir uma ordem de produção no mesmo intervalo de tempo em que retira o mesmo número de produtos acabados, presente na ordem de fabrico.
Redução de tempos nos <i>setups</i>	A redução de tempos de <i>setups</i> possibilita que o valor de EPEX seja maior através da produção de diferentes produtos ou partes num dado processo. Isto traduz-se numa maior flexibilidade pois consegue-se que exista uma melhor resposta às necessidades de produção dos processos a jusante (necessário devido às típicas oscilações na procura).

Estes foram as características identificadas para um fluxo de valor *Lean*, que devem servir de guia para um melhoramento do fluxo e construção de um estado futuro do VSM (Rother & Shook, 1996).

2.4.2 Balanceamento

Numa linha de montagem, há postos que não se encontram em sintonia entre eles, porque há alguns têm tempos de ciclo muito diferentes, considerando assim a linha como não balanceada. Porém, a linha pode ter postos com o mesmo tempo de ciclo e mesmo assim não se encontrar balanceada. Basicamente, uma linha balanceada representa um equilíbrio entre a capacidade de

produção da linha e a procura do cliente, e se os postos tiverem o mesmo tempo de ciclo ainda melhor, pois irá auxiliar a implementação do fluxo contínuo.

Não existe um único método para o balanceamento, mas será dada ênfase ao método de transferência de cargas. A transferência de cargas é um método simples, muito usado quando se lida com flexibilidade de transferência de operações entre postos. São retirados os tempos de cada operação elementar existente em cada posto e elabora-se um gráfico de barras que represente o tempo disponível em cada posto. O objectivo, é perante o *Takt Time* descobrir qual o número de postos/pessoas necessários através da seguinte formula:

$$N^{\circ} \text{ de postos} = (\text{Tempo de montagem} \times \text{procura}) / \text{AWT} \quad (1)$$

Após determinar o número de postos, é necessário alocar a cada posto operações até que se encontrem próximo do *Takt Time*. Nem sempre é possível realizar transferência de operações, mas pode-se sempre rever os processos de operações onde seja possível realizar reduções nos tempos (através da troca de sequência de montagem) (Gomes, Elias, Aragão, & de Oliveira, 2008).

2.4.3 Comboio logístico

O comboio logístico ou *Mizusumashi* é um transportador de materiais que actua internamente garantindo o abastecimento normal das linhas de produção. O *Mizusumashi*, ou *Mizu*, transita entre os postos, com rotas definidas e horários pré-estabelecidos, para que nunca falhe o abastecimento de materiais na linha. Este transporta pequenas quantidades de material e também trata de recolher o produto acabado, sendo que o operador apenas se preocupa com as suas tarefas na linha. Este meio veio eliminar por completo as movimentações desnecessárias por parte dos operadores, maximizando assim a sua produtividade. Os vagões do *Mizu* podem assumir diferentes características dependendo do tipo de material que transporta, mas estas devem estar de acordo com as bancadas dos operadores para facilitar o abastecimento. Associado ao *Mizu*, ainda existe o sistema *Kanban*, normalmente denominado de *Picking*, ou gestão visual para não haver erros no abastecimento (Baudin, 2005).

2.5 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma ferramenta de gestão que ajuda na resolução de problemas através de uma metodologia de trabalho e pensamento. Tem como objectivo a reflexão adequada de um determinado problema evitando a aplicação imediata de soluções não viáveis. Conduz à percepção dos problemas através da monitorização e acompanhamento dos mesmo, onde na maior parte dos casos previne o desperdício de recursos.

O ciclo divide-se em quatro fases, *Plan*, *Do*, *Check* e *Act*. Após o cumprimento sequencial deve ser repetido novamente o ciclo de forma a dar continuidade à melhoria, como se pode verificar na figura 3 (Liker & Franz, 2011).

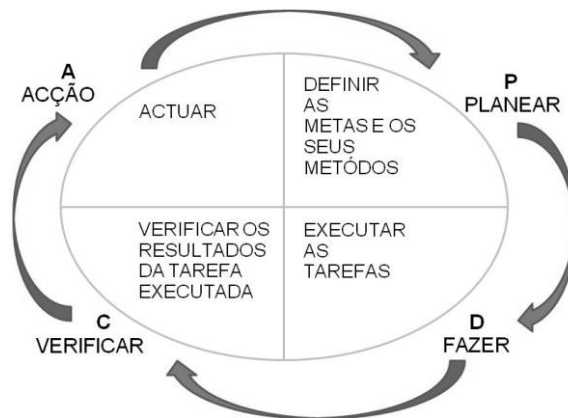


Figura 3: Ciclo de Deming (Deming, 1986).

Este ciclo foi desenvolvido por Walter Shewhart, onde mais tarde foi popularizado por W.E. Deming, ficando o conceito anexado ao nome Deming (HCI, 2011).

- 1- *Plan* – é o início ou recomeço do ciclo, nesta fase é preciso planear o futuro de toda a acção de melhoria, através do estabelecimento de metas ou objectivos após a identificação dos problemas a resolver ou aspectos a melhorar. A escolha das ferramentas a serem usadas é também uma das etapas desta fase (para que seja possível elaborar um plano de acção).
- 2- *Do* – de acordo com o plano de acção elaborado, procede-se às implementações. O objectivo é a obtenção de resultados e sua documentação para uma futura análise.
- 3- *Check* – esta é a fase de comparação dos resultados obtidos com os resultados esperados. É uma fase de aprendizagem, onde é preciso perceber qual a origem dos desvios.
- 4- *Act* – de acordo a actividade anterior é preciso elaborar uma fase de contra medidas para que se possam corrigir os desvios detectados. É uma fase com duas saídas, onde caso as contra medidas não sejam eficazes deve-se começar então um novo ciclo com novas directrizes. Se as contra medidas forem eficazes então inicia-se também um novo ciclo com metas mais arrojadas ou de encontro a um novo problema.

Esta é uma ferramenta de gestão muito fácil de usar que não requer um grau elevado de conhecimento ou aptidões. Porém devido à falta de incentivo por parte da gestão o PDCA não tem ganho uma grande popularidade (Pinto, 2009).

2.5.1 O Kaizen e o PDCA

O PDCA é um ciclo que está associado à melhoria contínua, devido ao seu ciclo repetitivo. Como se pode ver na Figura 4, o ciclo assemelha-se a uma roda que, cada vez que é executada uma etapa, gira no sentido contrário aos ponteiros do relógio, subindo a rampa, que por analogia representa o caminho da melhoria. O objectivo é fazer o ciclo rodar até atingir a perfeição mas tendo em mente que há sempre algo a melhorar.

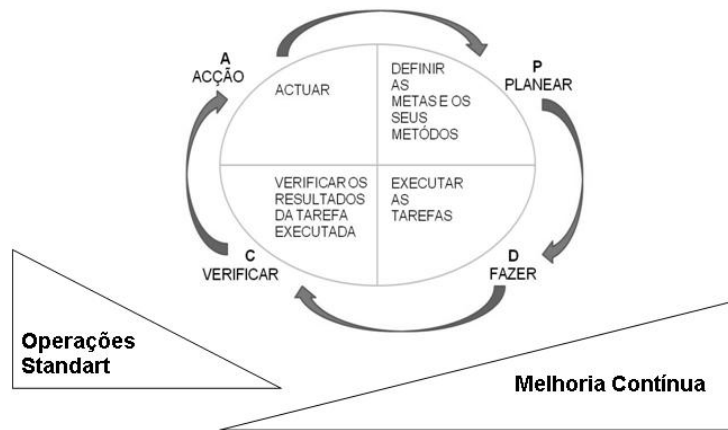


Figura 4: O ciclo PDCA e a melhoria contínua.

São as operações standard que impedem o ciclo de voltar ao início, para que não se perca todo o trabalho elaborado até a data. Estas operações são normalmente designadas na fase de planeamento como metas a manter para que não se perca a qualidade do serviço.

3. Desenvolvimento do projecto: Metodologia do VSM e aplicações

3.1 Metodologia para o VSM

Uma das primeiras fases do VSM é a recolha de dados e selecção dos métodos a usar para a sua recolha. A recolha de dados torna-se por vezes um problema, pois podem existir perturbações na zona fabril e levar à obtenção de dados incorrectos. Torna-se importante criar uma estrutura para a recolha de dados de forma rápida e fiável.

Após a recolha de dados e a elaboração de todo o VSM, é necessário atribuir a cada processo os seus indicadores. Um dos problemas encontrados é a decisão de quais são os indicadores relevantes para o caso em estudo. É necessário para se proceder a análise do estado actual e construção do estado futuro.

Para proceder ao estado futuro, primeiro é necessário entender todo o fluxo ao longo da organização (de modo a procurar e encontrar situações de melhoria). Quando se está perante um VSM extremamente elaborado, com vários níveis ou ramificações, torna-se um processo complicado. Desta forma devem ser identificadas as melhores práticas para o desenvolvimento de um VSM, através da revisão bibliográfica e casos de estudo.

Foram disponibilizados cinco casos de estudo de forma a poder fundamentar a metodologia. Devido a motivos de confidencialidade, estes vão ser designados por casos de estudo nº1, nº2, nº3, nº4 e nº5. A cada caso de estudo está atribuída uma empresa, e estes foram ordenados conforme a complexidade da empresa e número de colaboradores a operar no chão fabril.

O caso de estudo nº 1 refere-se a uma empresa que actua no ramo da produção de plásticos, sendo uma pequena empresa. É uma empresa só de uma unidade, ou seja de baixa complexidade.

O caso de estudo nº 2 é de uma indústria de poliuteranos, que produz produtos para ortopedia. À semelhança da empresa do caso de estudo nº 1, é de baixa complexidade e emprega poucos colaboradores.

O caso de estudo nº 3 já apresenta uma maior quantidade de colaboradores rondando os 300 colaboradores. É uma empresa que se dedica a produção de mobiliário para uso doméstico.

No caso de estudo nº 4, a empresa é constituída por três unidades diferentes, ou seja, o uso do VSM e sua percepção é mais complexo e implica já alguma destreza. Esta é uma das dificuldades indicadas inicialmente. Emprega actualmente à volta de 300 colaboradores na totalidade e é uma indústria de produtos frigoríficos.

Por último, o caso de estudo nº 5 é de uma empresa que é constituída por três pólos distintos empregando mais de 700 colaboradores. É uma grande indústria na produção de sofás.

De acordo com o que foi descrito no início do capítulo, ficam os seguintes problemas a resolver:

- recolha de dados;
- indicadores;
- evolução do VSM na VLM Consultores.

De seguida será feita uma abordagem a cada um destes problemas com objectivo de identificar uma possível solução.

3.1.1 Recolha de dados

A literatura encontrada aponta fortemente para a necessidade de visitar pessoalmente o chão fábrica para a recolha de dados e percepção do estado actual. Obviamente que não podemos, nem devemos, seguir todos os processos produtivos simultaneamente no chão fabril, deve-se seleccionar uma família de produtos e observar todas as actividades como cliente e não como gestor (Womack, 2011).

Na VLM Consultores, esta prática está implementada, pois para prestar o serviço aos clientes, os consultores têm necessidade de se deslocar às instalações de modo a perceber o fluxo de valor. Em todos os casos de estudo o levantamento de dados foi feito pelos próprios consultores no campo. Outra prática interessante, diz respeito ao facto de os consultores tiram muito partido da documentação multimédia, através de filmes ou fotografias, o que evita novas deslocações ao cliente. Porém, na própria empresa parece não haver motivos para realizar o mesmo procedimento, pois é necessário um elemento para essa função e não pode dedicar a sua atenção à análise do chão fabril. Outro ponto importante, se tiverem essa informação disponível, é uma razão para não se deslocarem ao chão fabril o que pode levar a uma perda de oportunidades de aprendizagem. Ao visitar o chão fabril, novas situações podem acontecer, como experimentar novas perspectivas e obter novas oportunidades de aprendizagem.

Os consultores da VLM, fazem questão de recolher dados inerentes a cada processo pessoalmente. A informação já armazenada pela empresa pode não representar o estado actual dos processos, aliás até pode estar a representar um estado sem problemas, induzindo a equipa em erro. Tal como a documentação multimédia dos processos, se os dados estiverem acessíveis sem ser necessário ir ao chão fabril trará consequências idênticas. De facto, é muito importante que se visite o chão fabril de modo a capturar situações anormais e mais importante que isso percebê-las. A recolha de dados deve ser sempre feita pessoalmente de modo a reter o máximo de informação (Rother & Shook, 1996). Ao contrário do que se pensava inicialmente, obter informação sobre situações irregulares não é prejudicial, desde que sejam identificadas, pois se aconteceu é porque algo está mal estabelecido e é necessário corrigir.

Existe uma enorme preocupação na forma como devem ser feitas as visitas ao chão de fábrica. Muitas vezes existe uma má interpretação, por parte dos operadores, sobre os objectivos de quem vai fazer uma análise/visita ao chão de fábrica. O problema atenua-se quando um determinado processo em específico é analisado. Se nada for dito ao operador existe uma forte tendência para que este se sinta examinado/avaliado, levando a que este execute os processos o mais rápido possível e crie um clima de desconfiança. Porém, também é tido em conta que pode ter um efeito contrário, mas não é tão comum. Sendo assim, cria-se uma barreira psicológica entre o operador e o observador. Para combater isso o observador deve apresentar-se e explicar o porquê da análise e que se encontra a analisar o processo e não o operário (Wesner, 2010). É bastante importante que se quebre estas barreiras pois as respostas que o observador procura, o operador já as pode ter. De facto, as necessidades do chão fabril são facilmente reconhecidas por quem trabalha lá. Muitos dos problemas que acontecem no chão de fábrica já foram pensados pelos operadores e estes também podem estar munidos de respostas. Por isso, é importante destacar um clima confortável entre o observador e o operador. Supondo que alguma melhoria sugerida por um operador seja implementada existirá uma menor resistência à mudança, podendo mesmo haver um maior interesse por parte dos operadores (Masaaki, 1997). Na VLM Consultores, esta preocupação está bem presente, pois cada vez que os consultores analisam um determinado processo, eles apresentam-se e explicam o que estão a fazer ao(s) operário(s) desse processo.

3.1.2 Indicadores

De facto, não parece ser possível definir um conjunto geral de indicadores para todos os processos, pois estes acabam por ter características e *outputs* diferentes. Porém Rother e Shook (1998) sugerem nove indicadores típicos:

- C/T – tempo de ciclo;
- C/O – tempo necessário para mudança de equipamento;
- *uptime* – tempo de fidelidade da máquina;
- EPEX – frequência de produção de um determinado produto;
- número de operadores;
- var – número de variações no processo;
- lote – número de produtos por lote;
- AWT – tempo de trabalho disponível;
- scrap rate – rácio de produtos não conformes.

Quando analisados os casos de estudos disponibilizados pela VLM Consultores verificou-se alguma concordância com os indicadores anteriores. Porém outros indicadores destacaram-se:

- turnos – número de turnos;
- cap – capacidade do processo.

Parece haver uma concordância entre os vários indicadores utilizados, criando a ideia de que pelo menos estes são essenciais. Também não é aconselhável que se capture toda a informação de um determinado processo pois apenas irá dificultar a análise do mesmo no VSM. Por exemplo se algum equipamento tiver sempre uma fidelidade a 100% ou não produza *scrap*, não faz sentido inserir essa informação no VSM. Como os estudos de caso são de empresas nacionais, nomeadamente PME, parece mais apropriado seleccionar o 2º grupo de indicadores de modo a ir ao encontro com o objectivo. A capacidade do processo tem que ser calculada pois depende de vários factores. A capacidade do processo é calculada da seguinte forma:

$$Cap = \left(\frac{AWT - C/O \times Var}{C/T} \right) \times Uptime \times N^o \text{ Operadores} \times (1 - Scrap) \quad (2)$$

Apesar de não estar presente nas métricas, o *stock* entre dois processos deve ser contabilizado. O *stock* intermédio é contabilizado pelo *stock* de pré e pós processo. Com o *stock* intermédio e a capacidade do processo pode-se calcular qual o *Lead Time* entre dois processos, da seguinte forma:

$$Lead\ Time = Stock\ intermédio / Cap\ do\ processo\ a\ jusante \quad (3)$$

Depois, basta realizar o somatório de todos os *Lead Times* de forma a obter o *Lead Time* de todo o fluxo de valor. O objectivo é comparar o *Lead Time* com o *Production Time*⁵, de modo a ter uma grandeza do desfasamento entre ambos. A comparação destes dois valores serve para se

⁵ *Production Time* – tempo total de actividades que acrescentam valor

perceber se as melhorias tiveram um impacto benéfico em todo o fluxo de valor através da diminuição da diferença entre os mesmos.

3.1.3 Evolução do VSM na VLM Consultores

A análise dos VSM será descrita cronologicamente de modo a que seja possível perceber a evolução dos mesmos ao longo do tempo.

Começando pelo caso nº3, o mais antigo VSM realizado, percebe-se que na altura ainda não estava bem entendido o processo de mapeamento na VLM Consultores. Neste mapeamento são realizados três fluxos distintos. O primeiro fluxo de valor é alimentado no último processo pelos outros dois fluxos de valor que são independentes entre si. É um mapeamento muito confuso devido ao exagero de processos existentes. Não existe uma concordância com a simbologia usada perante os outros VSM e apenas foram retiradas métricas para alguns processos. Não foi feita nenhuma especificação quanto aos dados do abastecimento de matérias-primas, nem para a entrega ao cliente, ou seja o VSM encontra-se incompleto. Para o primeiro fluxo de valor está representado o fluxo de informação, mas sem qualquer referência à frequência da mesma nem especificação de como é feita (se é manual ou electrónica). Para os outros fluxos de valor não está representado qualquer tipo de fluxo de informação.

No caso nº 2, o VSM não apresenta grande complexidade, sendo apenas constituído por oito caixas de processo, onde duas se encontram em paralelo com as restantes seis. Os dois processos de nível inferior vão alimentar o último processo de nível superior e não se encontram alinhados verticalmente com nenhum dos outros processos. Podia-se perfeitamente alinhar esses processos de modo a obter um VSM menor e menos confuso. Apesar de estar mapeado todo o fluxo de valor apenas foram retiradas métricas para os processos a melhorar (quatro processos). É uma abordagem errada, pois o VSM tem como objectivo uma visão holística do fluxo de valor, onde as melhorias implementadas podem ter consequências nos outros processos e não há forma de comparar se essas alterações foram benéficas ou não. Quanto a outros aspectos, como a simbologia, os fluxos de material e a informação, etc., não foram detectadas inconformidades pelo que foi feita uma representação correcta de todo o mapeamento.

No caso de estudo nº 4, encontra-se um problema idêntico no alinhamento de processos em paralelo. Os processos encontram-se na diagonal e podem surgir dúvidas quanto à sequência do fluxo de material, devido à sobreposição de imagens. Este VSM é bastante complexo pois retrata quinze processos, onde era possível o agrupamento de processos de forma a facilitar a sua percepção. Ao contrário do caso anterior, neste caso já foram retiradas todas as métricas inerentes aos processos, onde futuramente se pode perceber se as melhorias foram vantajosas para todos os processos. Ainda em comparação com o caso anterior, percebe-se que neste VSM existiu a preocupação de detalhar exageradamente todo o fluxo de valor, dificultando assim a sua percepção.

De seguida, foi analisado o caso nº 1 onde claramente se verifica uma melhoria significativa na elaboração do VSM. Já existe um agrupamento de processos, os processos em paralelo encontram-se verticalmente alinhados e verifica-se uma concordância entre a simbologia. A representação do fluxo de informação foi feita correctamente e de forma perceptível, tal como o fluxo de material. A frequência com que a informação é enviada também foi colocada. Foram feitas melhorias na representação do fluxo de material, onde é especificado através de imagens, como é que o material é transportado (por exemplo: imagem de uma paleta se o produto for transportado em paletes), neste caso do fornecedor para o primeiro processo e do último processo para o primeiro cliente. A representação de como o fornecedor abastece o fluxo de valor e sua frequência também

foram representados, e de igual forma para o cliente. Só o simples facto de terem sido agrupados processos na mesma caixa de processo, a tornou mais fácil a percepção de todo o fluxo de valor.

Por último, foi analisado o caso de estudo nº 5. Este caso de estudo é extremamente complexo pois representa a falar de uma empresa de grandes dimensões e constituída por três pólos. Houve uma representação exaustiva do pólo 2, pois era o alvo de estudo e estão todos os processos representados. Desta vez, não houve nenhum agrupamento de processos e estamos perante quinze. Assim torna-se complicado assimilar a informação do VSM. Em concordância com o caso de estudo anterior, houve também uma representação gráfica de como o material é transportado entre os processos. Existe ainda outro VSM que representa o pólo 1, que é alimentado pelo pólo 2 e 3. Apesar de ser bastante simples não é a representação mais correcta, visto que para lidar com a cadeia de abastecimento devia ser usado o método *Extended Value Stream Mapping*. Jones e Womack (2002) propõem uma nova metodologia para lidar com estes casos mais complexos.

Em suma, na VLM Consultores parece existir uma boa evolução na elaboração do VSM, onde apenas existem alguns pontos a limar de forma a melhorar o mapeamento. A simbologia está a ser usada correctamente, inclusive foram feitas melhorias para uma melhor percepção do fluxo de material. A representação do fluxo de informação é feita correctamente. Parece existir ainda alguma tendência para tentar representar todos os processos existentes num fluxo de valor recriando VSM muito complexos. Na generalidade a VLM Consultores adquiriu um grande nível de conhecimento e experiência na realização de VSM.

3.1.4 Etapas do VSM

Devido à popularidade do *Lean Thinking*, muitas empresas optam pela implementação de técnicas *Lean* de modo a aumentar a sua competitividade. Muitas vezes não existe um objectivo aliado à implementação das técnicas, ou seja, é implementado porque parece correcto, e não porque é preciso. É crucial definir objectivos antes de iniciar qualquer tipo de processo *Lean*, neste caso o VSM.

A definição de objectivos pode ser feita pela gestão de topo, mas também pode ser imposta pela equipa de análise do processo produtivo. Inicialmente, é preciso definir uma equipa que ficará responsável por analisar todo o fluxo de valor presente na organização, tal como a obtenção de dados sobre os processos. Esta equipa deve ser composta por vários elementos provenientes de vários departamentos da organização e que estejam motivados para a mudança (Silva, 2008).

Ainda relativamente à equipa é necessário que os seus elementos possuam conhecimentos sobre VSM. Caso se verifique que há elementos que não possuam esses conhecimentos é aconselhável a atribuição de acções formativas sobre o tema aos mesmos.

Para a definição dos objectivos é preciso perceber o que se consegue oferecer ao cliente e o que realmente o cliente quer. É necessário saber se o cliente quer um produto com qualidade, com menores tempos de entrega ou se simplesmente quer baixos custos de aquisição. Definir os objectivos a atingir, em função do cliente, pois é o cliente a fonte de riqueza de uma organização (Womack, 2011).

Estando estabelecida a base de apoio para o VSM, enumeram-se as etapas. Segundo os autores Rother e Shook (1996), a elaboração do VSM consiste em quatro etapas distintas:

1. Seleccionar uma família de produtos;
2. Construção do estado actual;

3. Construção do estado futuro;
4. Elaborar Plano de Acção e Planos de Intervenção.

Porém os autores também destacam a nomeação do gestor do fluxo de valor. Da mesma forma os autores Jones e Womack (2002), também destacam a selecção desse gestor. Os autores justificam que as empresas estão organizadas e estruturadas por hierarquias e departamentos, tudo dividido e alocado, e quando se procura um responsável que tenha conhecimento sobre informação e matéria-prima de um determinado produto este raramente existe. Outro dos motivos prende-se com o facto de que a ausência desse responsável leva a uma forte tendência para realizar *Kaizen* isolados, o que vai contra os objectivos do VSM. Rother e Shook (1996) fazem uma breve descrição das responsabilidades de um gestor de fluxo de valor. Sendo assim, faz sentido destacar esta actividade como uma etapa fundamental do VSM.

Liker (2004) faz questão de acrescentar outras duas etapas finais: actuar e avaliar. De facto a etapa actuar é óbvia, onde de certa forma todo o trabalho realizado se for aprovado será certamente implementado e pode-se incluir na 4ª Etapa sugerida por Rother e Shook (1996). Quanto ao avaliar é uma etapa importante pois permite determinar se os objectivos foram cumpridos e em que medida foram rentáveis, crendo que é necessário um destaque da mesma. Desta forma elaborou-se o seguinte fluxograma presente na figura 5:

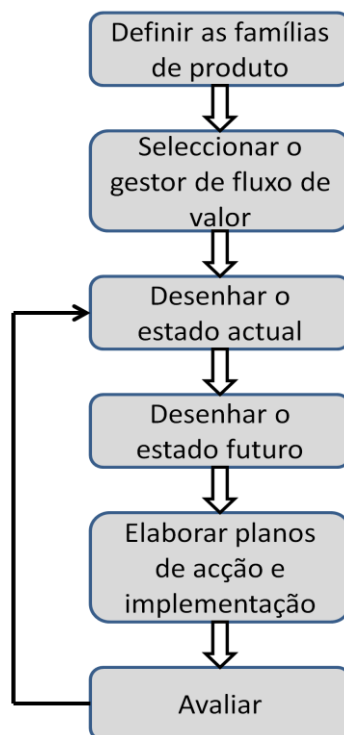


Figura 5: Etapas do VSM.

De seguida é apresentada uma explicação de todas as etapas presentes no fluxograma:

- a. Definir as famílias de produto
- b. Seleccionar o gestor de fluxo de valor
- c. Desenhar o estado actual
- d. Desenhar o estado futuro
- e. Elaborar planos de acção e implementação
- f. Avaliar

a) Definir as famílias de produto

A definição das famílias de produtos é sem dúvida um passo essencial, pois é errado mapear todos os fluxos de valor presentes na organização. Deve-se definir as famílias de produtos para que futuramente se possa escolher e mapear uma família. Se a empresa lida com vários produtos aconselha-se então a utilização da tecnologia de grupo de modo a facilitar a definição das famílias. A tecnologia de grupo agrupa produtos com características similares, previamente definidas (Hyer & Wemmerlov, 1984). Neste caso como o VSM vai representar os processos da organização faz sentido criar uma matriz de processos/equipamento *versus* produtos acabados. Também existem outros factores que podem definir uma família de produtos, factores como a sequência dos processos, as características físicas do produto e matérias-primas (Resource Engineering, 2004). Não é recomendável usar todos estes factores, visto que quanto mais factores existirem mais famílias distintas existirão. Na figura 6 podemos ver um exemplo de uma matriz para a definição de família de produtos.

Product Information			Commonality Factors						Process Sequence						Special Processing Requirement
	P/N	Description	Shape	Weight	Input Materials	Container Type	Pallet Type	Other	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	
1.															
2.															
3.															
4.															
5.															
6.															
7.															
8.															
9.															
10.															

Figura 6: Matriz de Produtos (Resource Engineering, 2004).

Claramente se existir a necessidade de diminuir o número de produtos de uma família, basta apenas aumentar o número de características.

Quando se elaborar a lista de processos deve-se começar pelo processo mais próximo do cliente terminando no mais afastado. É uma boa prática pois muitos produtos diferenciam-se nos últimos processos (mais próximos do cliente), onde futuramente, torna-se mais simples organizar os produtos por família.

b) Seleccionar o gestor de fluxo de valor

Como foi referido, seleccionar o gestor de fluxo de valor é uma etapa importante e que não deve ser menosprezada. Para o gestor de fluxo de valor são consideradas algumas características importantes, que este deve possuir (Ballé, 2010):

- capacidade de liderança e motivação;
- conhecimentos e experiência em técnicas *Lean*;
- conhecimentos sobre a família de produtos seleccionada (material e informação).

Prevê-se que o gestor seja capaz de conseguir realizar algumas tarefas previstas de modo a que o VSM seja um sucesso. As tarefas são (Tapping, Shuker, & Luyster, 2002):

- verificar se a selecção da família de produtos vai de encontro com os objectivos estabelecidos;
- verificar se o mapeamento é feito desde o processo fornecedor ao processo cliente;
- conduzir uma análise baseada em factos do estado actual;
- projectar um estado ideal de como o fluxo de valor deve ser, no longo prazo;
- preparar um estado futuro para um curto-médio prazo, aplicando técnicas *Lean*;
- elaborar e liderar o plano para implementar o estado futuro;
- liderar e convencer as entidades internas e externas as organizações para colaborarem com as mudanças;
- coordenar as actividades diárias inerentes às melhorias projectadas para o fluxo de valor.

Desta forma percebe-se que o gestor de fluxo de valor tem um papel importante para o sucesso da implementação e obtenção de benefícios do VSM. Este deve ser um cargo levado a tempo inteiro e não apenas uma responsabilidade dada a um dos membros da equipa (Lean Enterprise Institute, 2006).

Após a definição do gestor do fluxo de valor e das famílias de produto, o gestor deve então escolher qual a família de produtos a mapear. Relativamente à escolha da família, esta deve estar alinhada com os objectivos previamente estabelecidos. Após esta etapa o gestor deve compreender ao máximo todos os processos da família de produtos que geram valor para o cliente e transmitir essa informação à equipa.

c) Construção do estado actual

Para a construção do estado actual é necessário ir ao chão fabril recolher informação como já foi sugerido anteriormente. No entanto, o gestor já deve ter conhecimento de quais os processos e equipamentos que a família de produtos passa, mas deve fazer uma pequena preparação antes de saltar para o terreno. Cada processo/equipamento irá necessitar de indicadores diferentes, e cabe ao gestor defini-los antes da recolha. O ideal é a elaboração de *templates* para facilitar a recolha de informação, tanto para o gestor como para a equipa. O gestor deve também instruir a equipa como deve ser feita a recolha de informação no campo (Thomes, 2005). É sugerido que a recolha de informação seja iniciada no processo fornecedor e terminada no processo cliente, porque é necessário entender perfeitamente os processos que estão mais próximos do cliente, e consequentemente quais os processos que diferenciam os produtos finais para o cliente. (Rother & Shook, 1996).

Outro ponto importante diz respeito à simbologia usada no VSM. Esta deve ser a mesma que a sugerida pelos autores Rother e Shook (1998), para que qualquer pessoa com conhecimentos básicos de VSM consiga compreender o fluxo de valor de qualquer organização/família de produtos. De facto a simbologia está de tal maneira enraizada que uma simples pesquisa irá retornar a mesma simbologia usada pelos autores. A simbologia sugerida pelos autores foi então remetida para anexo (ver anexo A).

De modo a não criar mapas muito complexos e confusos é aconselhável que se agrupe alguns processos, pois as caixas de processo servem para realçar o fluxo de material e não todos os processos/equipamentos presentes na organização. O agrupamento pode servir para processos idênticos ou não, onde só é obrigatória a separação dos processos quando deixar de existir fluxo contínuo e existir *stock* a acumular. Este método é sugerido quando existem vários processos ao longo da organização e prevê-se que possa dar origem a um VSM confuso e pesado. Quanto maior o VSM maior será a dificuldade em analisá-lo.

Como elaborar um VSM

Hoje em dia existem duas opções para elaborar um VSM. Manualmente, i.e., recorrendo a papel cenário ou folhas A3 e em formato digital através de programas como Microsoft Excel, Microsoft Visio, eVSM, etc. De facto o formato digital parece ter ganho alguma popularidade face ao método tradicional, o mais aconselhado. O formato electrónico irá ter sempre uma boa apresentação e os poucos cálculos efectuados dificilmente estarão errados, mas um VSM serve sempre como rascunho para a construção de um estado futuro, e quanto mais depressa for elaborado melhor. A solução digital nem sempre oferece rapidez e os custos de aquisição do programa são relativamente altos. Relativamente ao método manual, parece só haver a desvantagem da apresentação, porque em relação aos restantes pontos este método mostra-se superior, existe rapidez na elaboração, baixos custos e os requisitos mínimos são lápis e papel (Abdulmalek & Rajgopal, 2007). Resumindo um estado actual deve ser usado apenas como base de apoio para o estado futuro e o propósito do mapeamento é incentivar a acção (Liker & Meier, 2005).

Sugere-se que para elaborar um VSM manualmente estejam reunidos os seguintes materiais:

- papel cenário;
- lápis;
- símbolos impressos;
- lista de ícones do VSM;

O simples facto de se construir um VSM em tamanho grande ajuda na absorção de informação do mesmo. De facto se estivermos a elaborar o VSM para discutir com a equipa parece fazer sentido que este esteja em tamanho grande de modo a facilitar apresentação do mesmo. Se também existirem alguns símbolos impressos, como *Kaizen lightning burst*, meios de transporte, inventário, irá certamente garantir uma coerência da simbologia do VSM, para além que promete alguma rapidez na sua elaboração, sendo ainda possível reaproveitar os símbolos para outros VSM. Sugere-se que também esteja sempre presente uma lista de ícones do VSM de modo a evitar algum esquecimento e também para manter coerência na simbologia. Esta é uma prática utilizada na VLM Consultores quando existe a necessidade de realizar um VSM nas próprias instalações, ou mesmo nas do cliente.

É sugerido por Rother e Shook (1996) uma ordem para a elaboração do VSM, definidas por etapas:

- a) Desenhar caixas de processo relevantes com as respectivas métricas:
 - o fluxo de material deve ser representado da esquerda para a direita, onde as caixas de processo representam esse fluxo. Representar também entre processos o *stock* existente;
- b) Desenhar as entidades cliente e fornecedor:
 - nestas entidades deve estar representado a procura e a oferta. Apenas representar as matérias-primas mais relevantes;
- c) Desenhar os meios de transporte:
 - os meios de transporte representam como é transportado o material para o cliente e fornecedor, dentro do símbolo de transporte deve estar indicado qual a frequência, e qual o dia da semana/mês;
- d) Desenhar os processos de controlo de produção e fluxo de informação:
 - anexado aos controlos de produção e deve estar o tipo de sistema de informação que é usado para planear a produção. O controlo de produção vai interagir obrigatoriamente com processos e com as entidades cliente e fornecedor, sendo representado da direita para a esquerda. Aliado a cada fluxo deve ser indicado com que frequência é transmitida a informação e de acordo com a simbologia como é que é realizada (manual ou electrónica);
- e) Desenhar a linha do tempo:
 - a linha do tempo vai absorver dois tempos distintos, o *Lead Time* de produção e de *Lead Time* processamento. O tempo de processamento corresponde ao tempo de ciclo de cada processo. Quanto ao de produção é calculado pela fórmula nº 2.

Reunindo toda estas condições já é possível elaborar um estado actual e proceder para a elaboração de um estado futuro. Pode-se associar ao VSM um código de cores de modo a facilitar a absorção de informação (gestão visual). Na figura 7 em baixo podemos ver um exemplo de um VSM realizado manualmente.

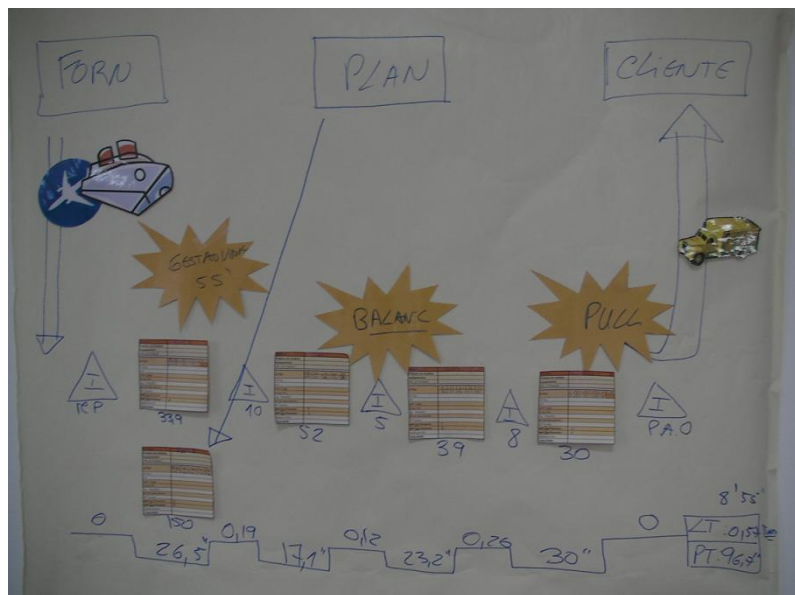


Figura 7: Mapeamento do fluxo de valor pela VLM Consultores.

d) Elaboração do estado futuro

Quando se elabora o estado actual já se começa a ter uma noção de qual os desperdícios existentes e a origem dos mesmos, e consequentemente uma possível ideia do estado futuro. Mas antes de saltar para os *Kaizen Burst*, devemos relembrar os pontos de referência para um fluxo de valor *Lean*. Os pontos são:

- produzir em função do *Takt Time*;
- desenvolver fluxo contínuo sempre que possível;
- usar Supermercados sempre que não for possível estabelecer fluxo contínuo;
- definir qual o processo *Pacemaker*;
- nivelar a produção mista, no processo *Pacemaker*;
- dar ordens de produção por *pitch*s;
- redução de tempos nos setups.

Existe uma forma tendência para iniciar *Kaizen Burst* sem ter estes pontos em conta, o que leva a melhoramentos isolados que podem ser benéficos para o processo mas não para todo o fluxo de valor. O propósito do VSM é exactamente o oposto, iniciar melhoramentos benéficos para todo o fluxo de valor. Numa fase inicial é necessário conhecer qual o caminho a percorrer de forma atingir os pontos anteriormente estabelecidos, onde um conjunto de perguntas desenvolvidas por Rother e Shook (1998), serve como guia para o desenvolvimento de um fluxo de valor *Lean* (McDonald, Van Aken, & Antonio, 2002):

Tabela 1: Guia para um fluxo de valor *Lean*

Questões para elaborar o estado futuro	
Básico	1. Qual é o <i>Takt Time</i> ?
	2. Produzir para supermercado ou directamente para expedição?
	3. Onde é que pode ser implementado fluxo contínuo?
	4. Onde é que temos que usar supermercados com sistemas <i>pull</i> ?
	5. Qual é que vai ser o(s) processo(s) <i>pacemaker</i> (s) da produção?
Heijunka	6. Como é que vai ser feito o planeamento do <i>mix</i> de produtos no processo <i>pacemaker</i> ?
	7. Qual é que vai o <i>pitch</i> atribuído ao processo <i>pacemaker</i> ?
Kaizen	8. Quais são os melhoramentos necessários nos processos?

Ao responder a estas questões e tendo em conta os princípios do fluxo de valor *Lean*, reúne-se as condições necessárias para iniciar a construção do estado futuro. É denotar que as melhorias focadas em processos são deixadas para último, ao contrário da tendência de implementar de imediato ferramentas *Lean*, como 5 S, S.M.E.D., *Six Sigma* entre outras. Mas para que isso seja possível é necessário identificar em primeiro lugar quais as medidas a implementar, e com o auxílio desta estrutura prevê-se que os problemas sejam evidenciados tal como as suas causas. (Hicks, 2007).

Pode acontecer que exista ainda alguma dificuldade em identificar os problemas, e então sugere-se que se guie pelos conceitos constituintes da casa do TPS (Ballé, 2010):

- satisfação do cliente: Está a ser criado valor para o cliente? Sabe-se o que é necessário melhorar hoje?

- *jidoka*: Os operadores conseguem distinguir os produtos conformes dos não conformes? É possível parar o processo em caso de não conformes? Quando existem problemas eles pedem por ajuda?
- *just-in-time*: O fluxo de material é visível? É possível ver o fluxo da produção em função das vendas?
- trabalho padronizado e *Kaizen*: os operadores seguem as regras ou vagueiam em procura de material? Conseguem saber se estão adiantados ou atrasados? Existem evidências de *Kaizens* realizados?

Este guia é bastante importante pois aponta para problemas comuns nas empresas. Não é que as respostas a estas perguntas sejam as soluções requeridas, mas levam o indivíduo a ver para além do comum ajudando a obter um conhecimento e prática mais profunda para uma procura mais intensa e eficaz dos problemas presentes nas organizações.

Em suma deve estar presente em todos, que a elaboração do estado actual serve apenas para atingir um estado futuro, sem isso o VSM é apenas mais uma ferramenta sem valor. Inicialmente procurar melhoramentos onde não seja necessários grandes investimentos é uma boa forma de conseguir o apoio da gestão de topo. Atingir um estado futuro não é atingir a perfeição, pelo contrário, é o caminho para chegar lá.

e) Elaboração do plano de acção e de intervenção

Após a identificação das melhorias/alterações a realizar no fluxo de valor, faz sentido que se crie um plano de acção de forma a documentar o trabalho futuro. No entanto apesar de as melhorias terem sido detectadas, estas não assumem uma ordem de implementação. O mesmo acontece para os processos, em qual deles se deve começar a trabalhar primeiro. Isto acontece porque o VSM apenas cria uma perspectiva do fluxo de valor e não estabelece uma ordem de prioridades.

Para ajudar a decidir qual a ordem de implementação pode-se dividir o estado o futuro em *Loops*. Os *Loops* são a representação de ciclos existentes dentro do fluxo de valor, ou seja, quando existe a repetição de etapas num determinado parte VSM é considerado um *Loop*.

Em geral os *Loops* são divididos em quatro grandes categorias:

- *loop* do processo *pacemaker*;
- *loop* do fluxo de informação;
- *loop* do fluxo de material;
- *loop* de processo;

Após a divisão do estado futuro em *Loops*, os autores Rother e Shook (1998) sugerem que se comece pelo *Loop* mais próximo do cliente, onde este *Loop* se tornará no cliente interno obrigando aos restantes *Loops* acompanhá-lo. Possivelmente ao implementar melhorias no *Loop* “Cliente” vai despoletar necessidades de melhoria nos restantes *Loops*, onde poderá ou não nascer uma ordem de implementação por *Loops*. Caso continue a não existir uma ordem evidente sugere-se que se pegue pelo *Loop* que tenha processos bem conhecidos pela equipa, onde a taxa de sucesso seja bastante grande ou seja a oportunidade ideal.

De modo a facilitar a ordem de implementação num determinado *Loop* é necessário relembrar os princípios do *Lean Thinking*: (Hicks, 2007):

- valor;
- fluxo de valor;
- fluxo contínuo;
- *pull*;
- melhoria contínua;

Visto que os primeiros dois princípios foram executados, basta implementar a cada *Loop* os restantes princípios:

- fluxo contínuo – estabelecer fluxo contínuo baseado no *Takt Time*, de modo a que o fluxo de valor seja constante e não interrompido com *stock* intermédio;
- *pull* – estabelecer uma filosofia *pull* de modo a que inicie a produção apenas quando o processo/cliente necessita;
- melhoria contínua – praticar constantemente *Kaizen*, tendo como objectivo a perfeição e a para manter o fluxo contínuo;

Desta forma estabelece-se uma ordem de acção sobre os *Loops* e sobre as melhorias a realizar em cada *Loop*. Para auxiliar a implementação dos princípios, Liker (2004), sugere um pequeno grupo de acções a implementar no chão fabril:

- alinhar os processos com o fluxo de valor de modo a facilitar a implementação de fluxo contínuo;
- nivelar o número de variações de processo, de modo a facilitar o fluxo contínuo;
- evitar inspecções de qualidade através da implementação de *Poka-Yoke* nos processos;
- documentação da padronização das tarefas;
- implementar gestão visual de modo a auxiliar os operadores, para facilitar a compreensão e visualização do progresso do trabalho.

No plano de intervenção, devem ser definidos os objectivos, metas e prazos. A cada *Loop* identificado deve-se atribuir essas características e documentar. Sempre que alguma meta seja cumprida, o gestor do fluxo de valor deve assinalar o efeito e comunicar à equipa e todos os restantes membros da organização. A disponibilização de informação sobre o estado actual do chão fabril é motivante e relembra sempre os sucessos alcançados.

f) Avaliar

Nesta última fase procede-se à avaliação de tudo o que foi feito até ao momento. Com o atingir das datas estabelecidas nos planos de acção deve-se então transitar para esta fase de modo a avaliar todo o processo. É obvio que devem ser estabelecidas métricas para se verificar se as melhorias realmente são válidas. Outro ponto importante desta etapa é não ficar preso numa melhoria, obrigando a prosseguir. Após a avaliação deve-se então prosseguir com a melhoria contínua realizando novamente o estado actual e repetindo as etapas seguintes novamente.

3.2 Desenvolvimento do simulador

O simulador a desenvolver tem como propósito a transmissão de conhecimentos de *Lean Thinking*, ambiente de formação. Este simulador vai ser elaborado de forma a ser possível usar em formações dadas pela VLM Consultores.

Inicialmente é preciso escolher um objecto para ser usado no simulador. Após a escolha prevê-se a necessidade de estabelecer uma base para o simulador. Para definir a base do simulador é necessária a definição das operações de montagem. Da mesma forma é necessário definir um *Layout*, que deverá sofrer operações de melhoria. Essas operações serão a aplicação de ferramentas de *Lean Thinking*, sendo adaptadas à natureza do simulador. A implementação de melhorias deve ser feita por iterações, de modo a ser possível a transmissão de conteúdos por temas aos formandos. Prevê-se que sejam estabelecidas pelo menos duas iterações para o simulador.

Para que tenha algum realismo, vão-se implementar tipos de produtos diferentes, criar uma procura de cliente (através de uma lista de pedidos fictícios), introduzir ordens de fabrico, etc., em geral, elementos em comum com uma linha de produção real.

Existe disponíveis para o simulador 42 fichas inglesas, e um tempo total de 15 minutos para cada iteração do simulador. Este tempo foi escolhido em conformidade com o tempo disponível durante as formações. Vai ser também necessário estabelecer pré-condições do simulador, por exemplo, a criação de *stock* intermédio (como se a linha tivesse sido utilizada no dia/turno anterior). De seguida procede-se a descrição das etapas para a elaboração do simulador.

3.2.1 Escolha do Objecto

Pretende-se que exista uma fase de pesquisa, onde se encontre um produto de demonstração que consiga suportar a elaboração do *Layout* de montagem. É tido em mente que o *Layout* de montagem, irá servir como matéria de estudo/ensino em formações dadas pela VLM Consultores, logo é necessário que possua as seguintes características:

- facilidade em empacotamento e transporte;
- resistência mecânica;
- alguma complexidade de processos de montagem;
- baixos custos de aquisição.

A facilidade em empacotamento e transporte foi imposta devido a necessidade dos formadores serem obrigados a deslocarem-se ao cliente para realizar a formação. Como se prevê que o simulador seja usado várias vezes em formações percebe-se que o produto deva possuir alguma resistência mecânica de modo a existir apenas um investimento inicial, sem qualquer outro tipo de custos. Na empresa existe um outro simulador em que o grande problema é a baixa complexidade dos processos de montagem e que leva a uma simulação curta e pouco interessante. De modo a combater esse problema pretende-se um produto com operações de montagem mais complicadas. Por fim pretende-se que o produto tenha baixos custos de aquisição devido ao número de produtos necessários a adquirir.

Após uma fase de pesquisa ficou definido que o objecto a utilizar seria uma ficha eléctrica inglesa. A ficha inglesa foi escolhida por completar os requisitos inicialmente mencionados. Adicionalmente a ficha possibilita a necessidade do uso de uma ferramenta no processo de montagem (chave estrela), que para efeitos formativos é favorável. Igualmente as pequenas dimensões da ficha facilitam o transporte. A ficha é constituída por doze componentes, como se pode ver na figura 8.

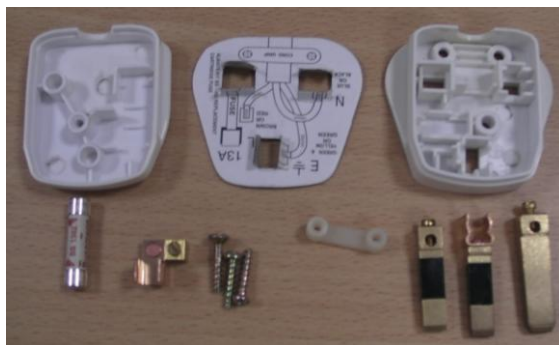


Figura 8: Componentes de uma ficha inglesa.

Como a maior parte dos componentes mais pequenos são de metal e os processos de montagem são simples conseguiu-se atingir quase na totalidade o objectivo sobre a resistência mecânica. Desta forma a ficha pode sofrer numerosos processos de montagem e desmontagem sem danificar os componentes. Porém, a ficha também é constituída por três parafusos (de dois tipos distintos) e se não existir algum cuidado na montagem e uma chave estrela adequada, o parafuso deteriora-se.

Devido ao tamanho e número de componentes conseguiu-se atingir alguma complexidade de montagem. O facto de a ficha incorporar parafusos proporciona processos de montagem mais longos e interessantes para os formandos. Outro aspecto importante a considerar é o tempo de montagem da ficha, que dura mais do que um minuto. É importante pois irá reflectir-se sobre a duração da simulação tal como o número de componentes necessários adquirir e a transportar.


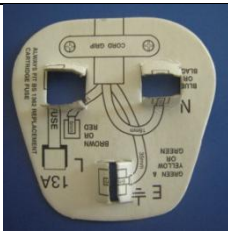




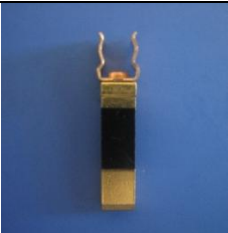


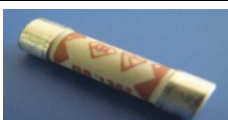

Relativamente aos custos de aquisição, pode-se considerar que foram baixos pois trata-se de um componente muito simples.

3.2.2 Componentes da ficha

Através das imagens anteriores é difícil ter uma noção exacta do tamanho dos componentes e suas características. De modo auxiliar a percepção real do tamanho pode-se ver em anexo os desenhos técnicos dos componentes mais relevantes (ver anexo B e C). O esquema de montagem da ficha pode também ser visto em anexo (ver anexo D).

De modo a haver alguma concordância ao longo do trabalho existe a necessidade de definir quais os nomes de cada componente. A tabela 2 mostra os nomes e correspondentes imagens.

Tabela 2: Nomes dos componentes da ficha eléctrica inglesa

Tampa macho	Papel de instruções	Tampa fêmea	Parafuso B
			
Parafuso A	Pino simples	Pino com suporte	Pino grande
			
Cerra-cabos	Fusível	Suporte do fusível	
			

Como alguns componentes não têm uma designação específica, o nome foi atribuído de acordo com as características intrínsecas, para que desta forma sejam facilmente identificados por um utilizador.

3.2.3 Definição da 1ª iteração do simulador

Operações de montagem

Antes de definir qual o *Layout* a assumir procedeu-se a definição dos processos de montagem da ficha. De modo a ser realista foram adicionados mais dois processos: embalagem e etiquetagem.

No embalagem usa-se um saco hermético com 10x10 cm para embalar a peça após a sua montagem.

Na etiquetagem é retirada uma etiqueta de acordo com o tipo de fusível que se encontra no interior da ficha e colocada no saco hermético. A etiquetagem acaba por ser necessária de forma a distinguir qual o tipo de ficha que se encontra no interior de cada saco. Futuramente será explicado quais são os tipos de ficha que existem.

Na maior parte das operações percebe-se bem qual a precedência da montagem pois acaba por ser fisicamente obrigatória, porém, existem outras operações que não têm obrigatoriedade. Para

perceber melhor as precedências consultar os anexos com a vista explodida da ficha eléctrica (ver anexo D).

De modo a estabelecer uma ordem de montagem, primeiro foi necessário definir quais as operações de montagem e atribuir as respectivas precedências. Na tabela 3 estão todas operações e precedências.

Tabela 3: Operações necessárias à montagem da ficha eléctrica

Operação	Precedências
a) Inserir parafuso A	-
b) Colocar Fixador	a
c) Colocar pino simples	-
d) Colocar pino grande	-
e) Colocar pino com suporte	-
f) Encaixar suporte	-
g) Encaixar fusível no suporte	-
h) Encaixar fusível no pino	-
i) Inserir tampa fêmea	b,c,d,e,f,g,h
j) Colocar parafuso B	i
k) Colocar papel de instruções	j
l) Embalar a ficha	k
m) Etiquetar saco	l

Durante o processo de montagem ficou evidente se os pinos forem colocados em primeiro lugar na tampa macho, é mais difícil encaixar o cerra-cabos e parafusos. Isso acontece porque os pinos não ficam fixos e caem, pois para montar o cerra-cabos é preciso utilizar os dois lados da peça. Assim, assume-se que o encaixe dos pinos passam a ter precedência de montagem.

As três operações 6,7 e 8, apesar de não terem uma precedência óbvia, têm limitações na sequência de montagem. Detectaram-se duas limitações destacadas na figura 9 e 10.

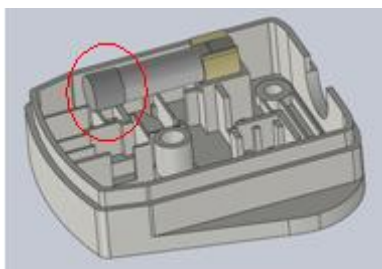


Figura 9: Esquema de montagem pino fusível + fusível.

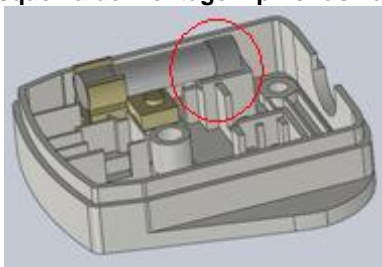


Figura 10: Esquema de montagem suporte fusível + fusível.

1. Se o fusível for colocado em primeiro lugar no pino com suporte seguido do encaixe do conjunto na tampa macho, não é possível fazer o encaixe do suporte do fusível na tampa macho, sem retirar o conjunto, na figura 9.

2. O mesmo acontece se o fusível for colocado no suporte, e o conjunto for colocado antes do pino com suporte, na figura 10.

Percebe-se que desta forma independentemente do conjunto escolhido, este deve ser sempre colocado em segundo lugar.

Existe aqui oportunidades para poder criar mais entropias ao longo da simulação, porém é de chamar atenção que a simulação procura mostrar quais os benefícios das ferramentas/filosofia *Lean*. Como os formandos muitas vezes não vão estar familiarizados com os processos de montagem existe a necessidade de ter um certo cuidado em manter alguma facilidade ao longo dos mesmos. Desta forma identificou-se dois critérios:

1. Como o cerra-cabos apenas fica fixo quando os parafusos A forem inseridos e apontados faz sentido que estas operações sejam realizadas pelo mesmo operador, de modo a evitar que a peça transite de um posto para o outro com componentes soltos.
2. Como cada pino tem dimensões muito similares definiu-se que estes devam ser montados em conjunto pelo mesmo operador de forma a existir uma menor probabilidade de erro em cada montagem.

Por exclusão de partes fica definido a montagem do conjunto (fusível suporte + fusível) de modo a respeitar o 2º critério mencionado anteriormente.

Agora é possível definir uma ordem das operações de montagem e elaborar o diagrama de precedências, como se pode ver na figura 11. A descrição das operações pode ser vista na tabela 3.

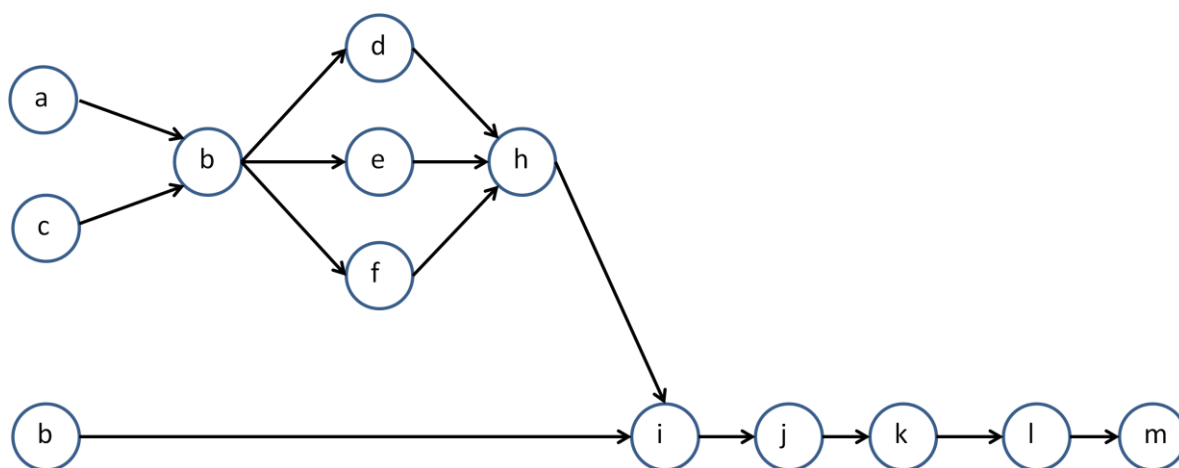


Figura 11: Diagrama de precedências.

Obtém-se assim a ordem dos processos de montagem. Esta foi uma abordagem inicial aos processos de montagem e é tido em conta que existem oportunidades de melhoria. Pensou-se em realizar melhorias na 2ª iteração de forma a demonstrar aos formandos a importância da revisão dos processos.

Agora pode-se proceder à definição do *Layout* inicial.

Layout inicial

O *Layout* inicial foi baseado num outro simulador da empresa, e já tinha sido testado em formação. O objectivo desse simulador é realizar um balanceamento de uma linha de produção inicialmente não balanceada. Como o simulador teve bons resultados, decidiu-se então usar o *Layout* inicial para este simulador a desenvolver. Na figura 12 está representado o *Layout*.

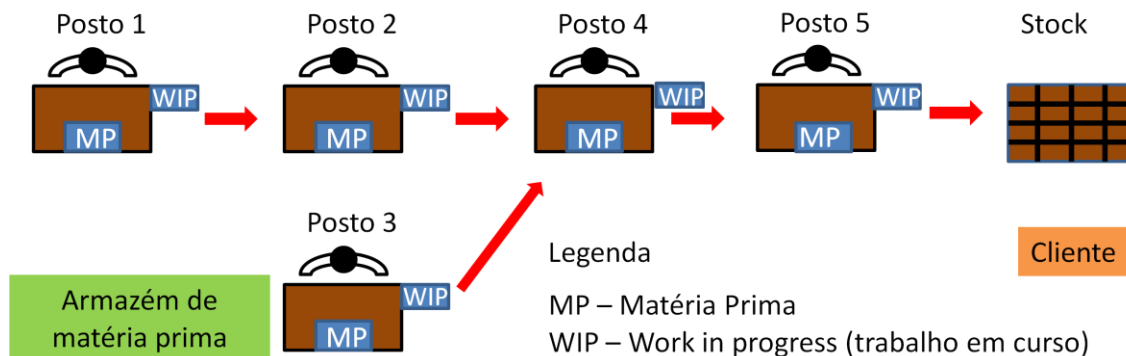


Figura 12: *Layout* para a 1ª iteração do simulador.

Agora é necessário dividir as tarefas de montagem entre todos os postos, de forma a criar um posto não balanceado. Pensou-se em usar a transferência de cargas de modo inverso, ou seja, para desbalancear. Então desta forma é necessário definir todas as tarefas elementares, onde operações como pegar e pousar a chave de parafusos serão contabilizadas.

Como se tratam de operações com tempos relativamente baixos não foi possível que houvesse grande rigor na medição dos tempos. Porém, se todos os tempos forem medidos segundo as mesmas circunstâncias consegue-se ter uma ideia sobre a ordem de grandeza dos tempos de cada operação. Desta forma, cronometram-se todas as operações com as mesmas circunstâncias:

- a mesma pessoa a realizar as operações de montagem;
- a pessoa tem experiência de montagem;
- a mesma pessoa a cronometrar;
- a disposição do material sobre a mesa foi sempre a mesma;
- cada operação foi repetida e cronometrada 16 vezes sequencialmente (ver anexo E).

Foram impostas duas condições para a simulação:

1. Um limite de fichas inglesas de 42 unidades.
 - com o orçamento disponibilizado foi possível adquirir 42 fichas
2. O tempo de simulação é máximo de 15 minutos.
 - de acordo com a experiência dos formadores, nenhuma actividade do género em formação deve durar mais do que 15 minutos

Assim desta forma assume-se que a procura do cliente fictício será de 2,8 fichas/min. Estabeleceu-se a procura em função do *Takt Time* que é de 21,4 s/ficha. Os tempos apurados para cada operação elementar podem-se ver na tabela 4.

Tabela 4: Operações nucleares e tempos relativos a montagem. Na última coluna estão os valores percentuais em função do tempo total

	Operações	Tempo (s)	Valores percentuais (%)
Posto 1	1. Colocar Parafuso A no lado esquerdo	6,6	4,6
	2. Colocar fixador	5	3,48
	3. Pegar na Chave de parafusos	1,5	1,05
	4. Apertar parafuso A esquerdo	17	11,85
	5. Pousar chave de parafusos	1	0,70
	6. Colocar parafuso A no lado direito	6,4	4,46
	7. Pegar na Chave de parafusos	1,5	1,05
	8. Apertar parafuso A direito	11,5	8,01
	9. Pousar chave de parafusos	1	0,70
Posto 2	10. Colocar Pino esquerdo	7	4,88
	11. Colocar Pino Central	6,4	4,46
	12. Colocar pino direito	7,7	5,37
Posto 3	13. Encaixar suporte no fusível	8	5,57
Posto 4	14. Encaixar conjunto na tampa	10	6,97
	15. Colocar tampa fêmea	6	4,18
	16. Colocar Parafuso B	8	5,57
	17. Pegar na Chave de parafusos	1,5	1,05
	18. Apertar parafuso B	11,6	8,08
	19. Pousar chave de parafusos	1	0,70
Posto 5	20. Colocar Papel	4	2,79
	21. Pegar e abrir saco	5,5	3,83
	22. Embalar ficha	7,8	5,44
	23. Etiquetar saco	7,5	5,23
	Takt Time	21,4	14,91

Neste caso o *Takt Time* não vai estar de acordo com os valores de cada operação elementar, mas serve como linha de orientação para desbalancear os postos.

Tendo em conta as condições anteriormente mencionadas, nas operações de montagem e do *Takt Time*, consegue-se agrupar um conjunto de tarefas (da 1ª a 9ª) com 35,9% do tempo para o posto 1. Como procuramos estabelecer uma linha de montagem não balanceada deve-se agrupar um conjunto de tarefas com tempos diferentes. Para o 2º posto podemos atribuir o encaixe dos três pinos com 14,71% do tempo. Tendo em conta que existe um posto em paralelo (Posto 3), pensou-se em transferir para esse posto operações de montagem que sejam independentes dos postos 1 e 2. Desta forma foi seleccionada a operação 13, com 5,57%. Para o Posto 4 atribuiu-se as operações 14ª a 19ª, com 27,27% do tempo, e as restantes operações foram atribuídas ao posto 5. Os tempos de transferência entre os postos não foram considerados, pois prevê-se que os postos estejam bastante próximos. O tempo que o operador demora a pegar e a pousar a ficha são muito baixos, logo não foram contabilizados. De acordo com os valores na tabela 5, o sistema parece desbalanceado:

Tabela 5: Tempos de operação por posto

Posto	Tempos (s)
Posto 1	58,5
Posto 2	21,1
Posto 3	8
Posto 4	38,1
Posto 5	24,8
Takt Time	21,4 s/ficha

Apesar dos tempos dos postos 2 e 3 se encontrarem muito próximos do *Takt Time*, é de relembrar que os tempos das operações não correspondem aos tempos de uma simulação. Porém existe a necessidade de confirmar se os postos estão realmente desbalanceados e procedeu-se à cronometragem das operações de forma sequencial de cada posto. Recorrendo às circunstâncias anteriormente estabelecidas para a cronometragem das tarefas elementares conclui-se a seguinte média de tempos e construiu-se o seguinte gráfico da figura 13.

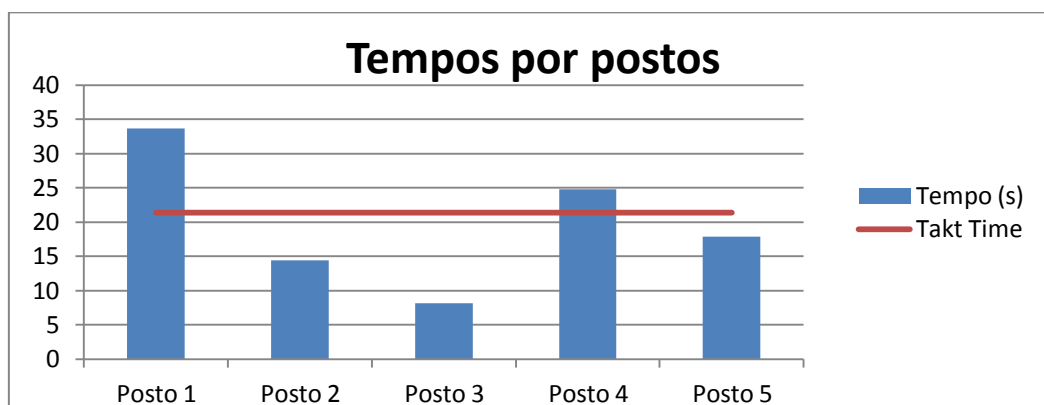


Figura 13: Tempos de operação por postos.

Confirmou-se então que o sistema se encontra desbalanceado. A diferença de tempos deve-se ao facto de existir maior margem de erro na cronometragem de tarefas elementares do que na cronometragem de um conjunto de tarefas seguidas. Desta forma os tempos aproximam-se mais da realidade. Todos os tempos cronometrados foram remetidos para anexo (ver anexo F).

Tipos de produto

De modo a criar oportunidades futuras e ter um maior realismo, definiu-se que o *Layout* em questão iria tratar 3 tipos de produtos, apenas diferenciados pela amperagem do fusível como se pode ver na tabela 6. Prevê-se que assim seja possível futuramente a inserção de Gestão Visual e *Heijunka Box*.

Tabela 6: Tipos de fusíveis

Fusível tipo A	2 Amperes	Verde
Fusível tipo B	7 Amperes	Azul
Fusível tipo C	13 Amperes	Vermelho



Figura 14: Identificação dos fusíveis de acordo com a tabela 6.

Pedidos de Cliente

Foi igualmente elaborada uma lista de pedidos de cliente para que esta seja satisfeita em cada iteração. A lista de pedidos será idêntica em todas as iterações, onde o número de encomendas satisfeitas será o factor de comparação em função das melhorias implementadas. Como são quinze minutos de simulação define-se que se deve emitir um pedido de cliente por minuto (sendo assim teremos 15 pedidos do cliente). Para construir os 15 pedidos do cliente, é necessário saber quantas unidades são realizadas por minuto, através da capacidade do processo, calculada pela equação 2:

$$Cap = procura(42) / AWT(900) = 2,8$$

Como a capacidade do processo não é um valor inteiro, é preciso perceber se em algum instante o sistema se comporta de maneira diferente, i.e., em que instante(s) capacidade do processo varia. Na tabela 7 podemos então ver em que instante(s) o sistema varia em função da quantidade produzida.

Tabela 7: Capacidade processo ao longo do tempo

Minuto	Nº de fichas teórico	Nº de fichas produzidas por minuto
0-1	2,8	2
1-2	5,6	3
2-3	8,4	3
3-4	11,2	3
4-5	14	3
5-6	16,8	2
6-7	19,6	3
7-8	22,4	3
8-9	25,2	3
9-10	28	3

10-11	30,8	2
11-12	33,6	3
12-13	36,4	3
13-14	39,2	3
14-15	42	3

Nos instantes 0-1,5-6 e 10-11 apenas se consegue produzir 2 fichas, enquanto nos restantes produz-se 3 fichas. Como o simulador começa perante uma filosofia *Push* não existe qualquer problema se excedermos a capacidade do processo na quantidade dos pedidos. O problema reside se isso for feito numa filosofia *Pull*, pode demonstrar que ter *stock* é favorável. Assim desta forma deve-se construir a lista de pedidos do cliente conforme a capacidade do processo, apenas variando no tipo de produto em cada pedido. Desta forma construi-se a lista de pedidos de cliente (ver anexo G).

Lista de previsão dos pedidos do cliente

De modo a facilitar a elaboração das ordens de fabrico é feita uma lista de previsão dos pedidos do cliente. A lista de previsão está dividida em períodos de cinco minutos. A cada cinco minutos será divulgada a previsão dos pedidos do cliente dos próximos cinco minutos. A lista de previsão não é idêntica a procura do cliente tendo como objectivo criar entropias no sistema. (ver anexo H).

Ordens de Fabrico

Como em qualquer linha de produção tradicional existem ordens de produção. O produto diferenciado apenas se faz no posto 3 e 4, portanto as OF serão entregues apenas nestes postos. Relembrando, no posto 3 é quando se monta o conjunto (suporte do fusível com o fusível), e no posto 4 é quando se realiza a montagem do conjunto na tampa macho. É dito ao operador dos postos 3 e 4 que necessitam de completar as ordens de fabrico ao longo da simulação sem qualquer restrição sobre como organizar a sua produção perante as OF. Aos postos 1 e 2 é dito que é necessário alimentar o posto 4 de modo a que não falte material e o posto 5 deve produzir sempre que tenha *stock* a montante. Desta forma o sistema está funcionar sobre uma filosofia *Push*. Pretende-se implementar futuramente a filosofia *Pull*, de modo a introduzir o tema aos formandos.

Quem ficar responsável de entregar as ordens de fabrico, tem a liberdade de as entregar como quiser e de as preparar como achar melhor para o planeamento. No máximo podem ser entregues quatro ordens fabrico durante a simulação. O número de ordens fabrico foi definido de acordo com o número de previsões dos pedidos do cliente. Acrescentou-se mais uma OF para permitir ao responsável corrigir um eventual erro de planeamento. Se uma ordem de fabrico for iniciada por um dos operadores esta não pode ser recolhida. Na figura 15 podemos ver as duas ordens de fabrico para cada posto.

ORDEM DE FABRICO 1	
Posto 3	
OF N°	DATA ENCOMENDA :
PRODUTO :	A QT :
PRODUTO :	B QT :
PRODUTO :	C QT :
Cliente :	

ORDEM DE FABRICO 1	
Posto 4	
OF N°	DATA ENCOMENDA :
PRODUTO :	A QT :
PRODUTO :	B QT :
PRODUTO :	C QT :
Cliente :	

Figura 15: Template usado para as ordens de fabrico.

Como se pode ver na figura 15 as OF têm as quantidades em branco para que o encarregado as preencha como achar conveniente, de acordo com a lista de previsão de pedidos do cliente.

Zonas

É necessário definir zonas de trabalho e quais os seus propósitos de modo a facilitar a simulação. Assim são definidas três zonas:

- zona de *stock* intermédio;
- zona de produtos acabados;
- zona de cliente.

A zona de *stock* intermédio serve para ficar entre todos os postos, num total de quatro subzonas. Sempre que um posto cria *stock* intermédio deve colocá-lo nessa zona de modo a que o posto a jusante perceba que tem trabalho para realizar. A zona de produtos acabados está apenas situada junto ao último posto. Aqui é criado o produto final pronto a ser expedido para o cliente pelo expedidor. Esta zona serve para alertar o expedidor que existe produto acabado disponível para o cliente. Por fim a zona de cliente serve para colocar todos os produtos já entregues ao cliente. A definição das diferentes zonas pode ser vista no anexo I.

Instruções de trabalho

Sentiu-se igualmente a necessidade de introduzir instruções de trabalho, pois estas vão ensinar aos formandos as operações de montagem em cada posto. As instruções de trabalho serão sempre dadas em todas as iterações, de acordo com o posto e sequências de montagem. Nesta fase inicial serão dadas instruções de trabalho extremamente descritivas para que futuramente se possa implementar a gestão visual nas mesmas e se possa fazer uma comparação sobre a curva de aprendizagem. Foi remetido para anexo as instruções de trabalho de cada iteração (ver anexo J).

Agentes para o simulador

De acordo com o esquema do simulador definiu-se que serão necessários pelo menos 10 agentes (formandos), como se pode ver na tabela 8.

Tabela 8: Descrição da equipa

Agentes	Número de formandos
Operador de montagem	5
Expedidor	1
Encarregado de planeamento	1
Agentes de tempo	3 - 5

Como inicialmente existem cinco postos de montagem serão necessárias cinco pessoas. No último posto, posto 5, o operador simplesmente remete as fichas para a zona de produto acabado, havendo a necessidade de haver um agente que transporte o produto acabado para o cliente, sendo este o expedidor. O expedidor terá que satisfazer a lista de pedidos do cliente sequencialmente, podendo apenas satisfazer uma ordem se a anterior estiver satisfeita.

Nesta primeira fase as OF e a lista de previsão são entregues ao encarregado de planeamento, onde este irá preencher as quantidades na OF que achar necessárias com base na lista de previsão de pedidos do cliente.

Por fim existe a necessidade que existam pelo menos cinco agentes de tempo, pois é preciso cronometrar os tempos de ciclo em cada posto. Assim existe a necessidade de ter pelo menos treze formandos (o que é um número elevado em formações). Se não houver formandos suficientes pode-se reduzir o número de agentes de tempo até três pessoas, e cronometram os postos de forma intercalada.

Esquematização e pré-condições da simulação

Na simulação pretende-se que toda a transferência de material entre os postos seja feita pelos próprios operadores. Sugere-se que a disposição dos postos seja bastante próximos uns dos outros de modo a que não seja necessário o operador deslocar-se para a zona de *stock* intermédio. Isto é tido em conta de forma a não criar grandes confusões durante a simulação e não distorcer os resultados. Todo o *stock* intermédio deve ser colocado na zona previamente determinada para o efeito.

Antes de começar a simulação é necessário criar *stock* intermédio entre todos os postos. Isto reflecte a realidade de uma linha de produção que fora deixada nesse mesmo estado no dia anterior. Isto implica o preenchimento e emissão de uma OF inicial, onde o *stock* intermédio será abatido nas quantidades presentes nesta OF. O outro propósito é ensinar aos formandos quais os processos de montagem em cada um dos postos e em auxílio estão em cada posto as instruções de trabalho.

É colocado em cada posto uma caixa para cada tipo de peça, devidamente identificada. O número de peças colocadas em cada caixa deve ser diferente em todas de modo a que o material disponível acabe em diferentes alturas. Pede-se para que seja desta forma pois cada operador está responsável de abastecer o seu posto com matéria-prima situada no armazém. Para além disto cada

operador só se pode abastecer de material de acordo com o material em falta no seu posto e não pode transportar para o posto todo o material existente em armazém.

No armazém existirá uma caixa para cada peça estando devidamente identificada. A localização do armazém em relação aos postos não é relevante.

Outro ponto a ter em consideração é o transporte do *stock* intermédio do posto 4 para o posto 5. Nesta fase a ficha já se encontra fechada e sem qualquer tipo de característica que permita identificar qual o tipo de fusível no interior. Desta forma necessita-se que exista um esquema que permita ao operador do posto 5 identificar qual o tipo de ficha. Atribui-se ao posto 4, três caixas devidamente identificadas com a amperagem do fusível para este enviar o material para o posto 5. De acordo com a amperagem do fusível o posto 5 faz a etiquetagem da ficha com o seguinte esquema:

- A - 2 Amperes;
- B - 7 Amperes;
- C - 13 Amperes;

Existem 14 unidades de cada tipo de fusível. De momento já se tem condições essenciais para realizar uma primeira iteração e dispor o simulador em sala, como se pode ver na figura 15.



Figura 16: Disposição do material do simulador – 1ª iteração.

3.2.4 Desenvolvimento da 2ª iteração

Após a definição de um *Layout* potencialmente desbalanceado procede-se a introdução de ferramentas de *Lean Management*. Na revisão bibliográfica verificou-se que o VSM é uma das ferramentas de iniciação aos projectos *Lean*, e pensou-se iniciar o processo de melhoramento do *layout* com a elaboração de um VSM. De acordo com os valores retirados pelos agentes de tempo durante a simulação, e pelo estado final da simulação procede-se a elaboração do VSM. De acordo com a metodologia previamente estabelecida pretende-se identificar os problemas previstos, diferenças entre o *Processing* e *Lead Time*. Após a identificação dos problemas passa-se ao balanceamento do *Layout*. De acordo com o número de formandos forma-se grupos para elaborar o balanceamento. Quando terminado, o objectivo é implementar o balanceamento feito por cada grupo de modo a mostrar os resultados. Como não é certo que os formandos consigam elaborar um

balanceamento convém que exista um balanceamento pré-determinado de modo a dar continuidade a simulação. Caso um dos grupos elabore um balanceamento melhor do que o pré-feito deve-se continuar a simulação com o melhor balanceamento e estabelecê-lo como balanceamento pré-feito para futuras simulações.

Pré-balanceamento

Antes de iniciar o pré-balanceamento deve ficar bem definido qual a ordem dos processos de montagem. Isso foi feito anteriormente mas, de forma a reforçar a melhoria continua aos formandos, sugere-se que seja feita a revisão das operações destacando os desperdícios.

É de reparar que existem operações repetidas que podem ser eliminadas pois não acrescentam qualquer tipo de valor.

Tabela 9: Operações de montagem e identificação de tarefas desnecessárias

Operações	Tempos individuais (s)	Valores percentuais (%)
1. Colocar Parafuso A no lado esquerdo	6,6	4,6
2. Colocar fixador	5	3,48
3. Pegar na Chave de parafusos	1,5	1,05
4. Apertar parafuso A esquerdo	17	11,85
5. Pousar chave de parafusos	1	0,70
6. Colocar parafuso A no lado direito	6,4	4,46
7. Pegar na Chave de parafusos	1,5	1,05
8. Apertar parafuso A direito	11,5	8,01
9. Pousar chave de parafusos	1	0,70
10. Colocar Pino esquerdo	7	4,88
11. Colocar Pino Central	6,4	4,46
12. Colocar pino direito	7,7	5,37
13. Encaixar suporte no fusível	8	5,57
14. Encaixar conjunto na tampa	10	6,97
15. Colocar tampa fêmea	6	4,18
16. Colocar Parafuso B	8	5,57
17. Pegar na Chave de parafusos	1,5	1,05
18. Apertar parafuso B	11,6	8,08
19. Pousar chave de parafusos	1	0,70
20. Colocar Papel	4	2,79
21. Pegar e abrir saco	5,5	3,83
22. Embalar ficha	7,8	5,44
23. Etiquetar saco	7,5	5,23
<i>Takt Time</i>	21,4	14,91

As operações 3 e 7 são a mesma, tal como a 5 e 9. Se trocarmos a ordem das operações 4 e 6 só temos a necessidade de pegar uma vez na chave estrela, apertando os dois parafusos de seguida. Com isto prevê-se uma redução de 1,75% no tempo total de montagem.

Outro ponto de melhoria: quando vamos buscar os parafusos não é necessário retirar um de cada vez nem posicionar duas vezes a peça para a inserção do parafuso. Desta forma coloca-se os parafusos seguidos, são tarefas com tempos extremamente baixos mas que de certeza irá ter um impacto positivo.

Ao longo de várias tentativas percebeu-se que era mais fácil encaixar em primeiro lugar o suporte do fusível na tampa macho e só depois encaixar o fusível. Não existe nada que indique uma redução de tempos, mas o que acontece é que na tampa macho existem saliências, que facilitam o encaixe. Ou seja o posto 3 passa a montar o conjunto já com as peças todas na tampa macho. Para que isto seja possível é necessário que o posto 3 deixe de estar em paralelo e passe a estar em série.

É de salientar aos formandos que não são melhorias com grande peso, mas o acumulado pode ser e por isso mesmo existe a necessidade de manter a melhoria contínua. Desta forma temos uma nova ordem dos processos de montagem, como se pode ver na tabela 10:

Tabela 10: Novo conjunto de operações elementares

Operações
1. Colocar fixador
2. Colocar parafuso A
3. Colocar o 2º parafuso A
4. Pegar na Chave de parafusos
5. Apertar os parafusos A
6. Pousar chave de parafusos
7. Colocar Pino esquerdo
8. Colocar Pino Central
9. Colocar pino direito
10. Encaixar suporte do fusível na tampa macho
11. Encaixar fusível
12. Colocar tampa fêmea
13. Colocar Parafuso B
14. Pegar na Chave de parafusos
15. Apertar parafuso B
16. Pousar chave de parafusos
17. Colocar Papel
18. Pegar e abrir saco
19. Embalar ficha
20. Etiquetar saco

Agora é necessário proceder-se ao balanceamento. Para efeitos formativos era ideal que através do balanceamento fosse possível eliminar um posto de trabalho. Calculando o número ideal de colaboradores através do *Takt Time* e dos tempos de ciclo estimado sabe-se que são necessários 4,2 colaboradores para todo o sistema, através da equação 2.

$$\text{Nº Colaboradores} = \text{Tempos de ciclo} \div \text{takt time} = 90,71 \div 21,4 = 4,2$$

Tendo em conta as reduções de tempo anteriores, provavelmente o número de colaboradores pode reduzir para 4. Decidiu-se então usar o balanceamento tendo em mente a redução de 5 para 4 postos.

O balanceamento foi feito da seguinte forma:

1. No posto 1 estamos perante um gargalo⁶, o tempo de ciclo está acima do *Takt Time* e como se situa no início do sistema causa atrasos iniciais muito elevados. Relembrando que não queremos que o cerra-cabos transite de posto para posto solto, logo não é possível a divisão de tarefas deste posto. A possibilidade de melhoramento passa por acrescentar mais tarefas a este posto e duplicá-lo. Assim acrescentou-se tarefas até o tempo do posto 1 se aproximar do dobro do *Takt Time* (transferiu-se todas as tarefas do posto 2 para o posto 1). Segundo os tempos de ciclo determinados anteriormente prevê-se assim um tempo de ciclo de 48,07 segundos. Tendo em conta as oportunidades de melhoria encontradas e visto que existe menos um movimento (que não está contabilizado) entre os dois postos, que é pegar na peça, provavelmente consegue-se ter um tempo de ciclo duas vezes o *Takt Time*. Para ter uma maior certeza convém simular o posto e cronometrar os tempos, mais uma vez segundo as circunstâncias anteriormente definidas. Em anexo encontram-se os tempos cronometrados (ver anexo K). Na figura 17 elaborou-se o gráfico perante a média de tempos.

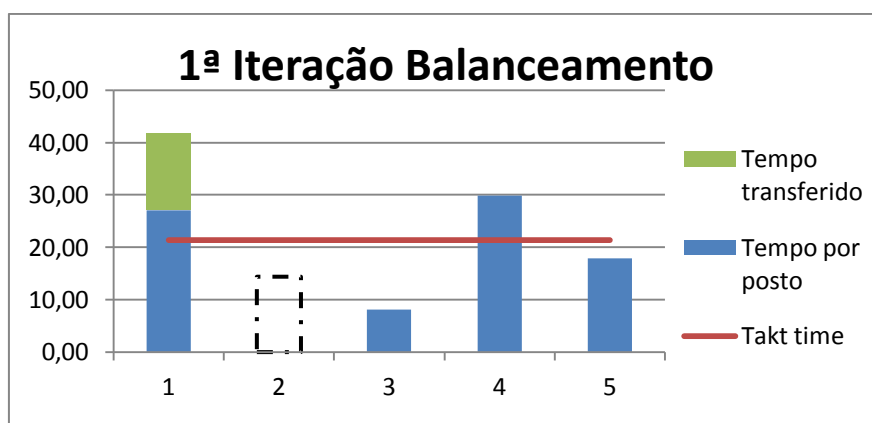


Figura 17: 1ª iteração do balanceamento.

Obtém-se uma média de 41.77 segundos para o posto 1. Através da duplicação do posto consegue-se produzir uma ficha em menos tempo que o *Takt Time*. O ideal é que os postos estejam intercalados para que a cada 21,4 s seja emitida uma peça por um dos postos.

2. Devido à reformulação das tarefas do posto 3, foi-se determinar quais os tempos das duas novas operações, representados na figura 18:
 - Colocar o suporte no fusível – 10,2 segundos;
 - Colocar fusível – 8,5 segundos.

⁶ Gargalo – local entre processos onde se acumula inventário limitando o processo produtivo

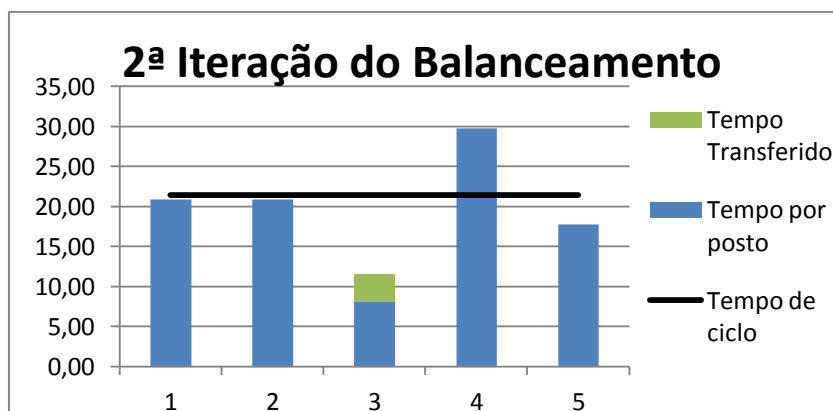


Figura 18: 2ª Iteração do balanceamento.

Apesar de haver um incremento de tempo no posto 3, no posto 4 deixa de existir uma operação e consequentemente uma redução de tempo. Como o posto 3 tem um tempo de ciclo muito inferior ao *Takt Time* pode-se afectar novas tarefas ao posto 3. Nesta fase percebeu-se que para realizar uma melhor afectação de tarefas, deve-se estimar tempos através dos tempos individuais e dos tempos de ciclo cronometrados (ver anexo E e F). Calculando o peso percentual dos tempos individuais perante os tempos de ciclo, consegue-se determinar os tempos individuais estimados, presentes na tabela 11.

Tabela 11: Tempos estimados das operações (14 à 21)

Posto	Operações	Tempos individuais das operações	Tempos de ciclo (s)	Tempos individuais estimados (s)
Posto 4	12. Encaixar conjunto na tampa	10	29,81	7,82
	13. Colocar tampa fêmea	6		4,69
	14. Colocar Parafuso B	8		6,26
	15. Pegar na chave de parafusos	1,5		1,17
	16. Apertar parafuso B	11,6		9,08
	17. Pousar chave de parafusos	1		0,78
Posto 5	18. Colocar Papel	4	17,33	2,88
	19. Pegar e abrir saco	5,5		3,95
	20. Embalar ficha	7,8		5,61
	21. Etiquetar saco	7,5		5,39

Tendo em conta que a soma dos tempos elementares das novas operações atribuídas ao posto 3 estão abaixo do *Takt Time*, decidiu-se afectar novas tarefas a este posto. Relembrando que a tarefa 12 desapareceu, eis as limitações para a transferência de operações, do posto 4 para o 3:

- as operações só podem ser transferidas por ordem, devido as precedências;
- as operações 12, 13 e 14 podem ser transferidas individualmente;
- as tarefas 15, 16 e 17 só podem ser transferidas em conjunto.

Como o tempo de ciclo de estimado é de 25,81 (s) no posto 4, não podemos transferir todas as operações. Decidiu-se então transferir até a tarefa 14 em primeiro lugar, como se pode ver na figura 19.

A média dos tempos foi de 20,17 s, estando abaixo do *Takt Time*. Os tempos foram remetidos para anexo (ver anexo K).

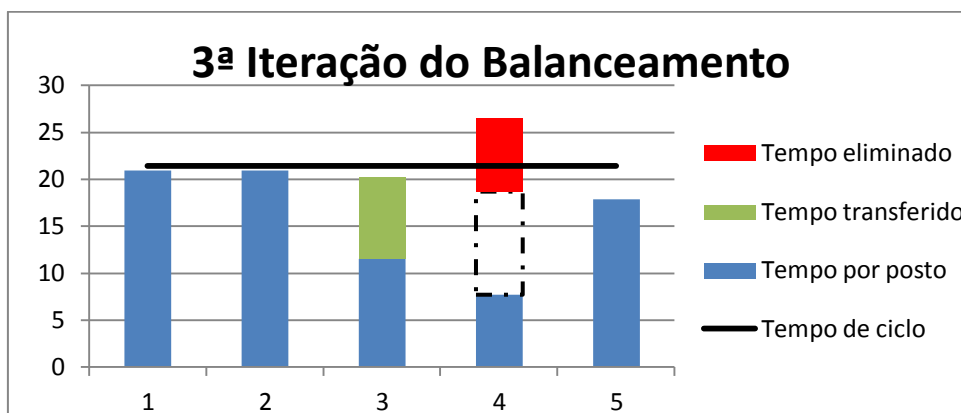


Figura 19: 3ª Iteração do balanceamento.

Por exclusão de partes falta apenas juntar as operações do posto 4 para o posto 5. A média dos tempos foi de 21,29 s, onde na figura 20 se pode ver o resultado final. Os tempos foram remetidos para anexo o anexo K.

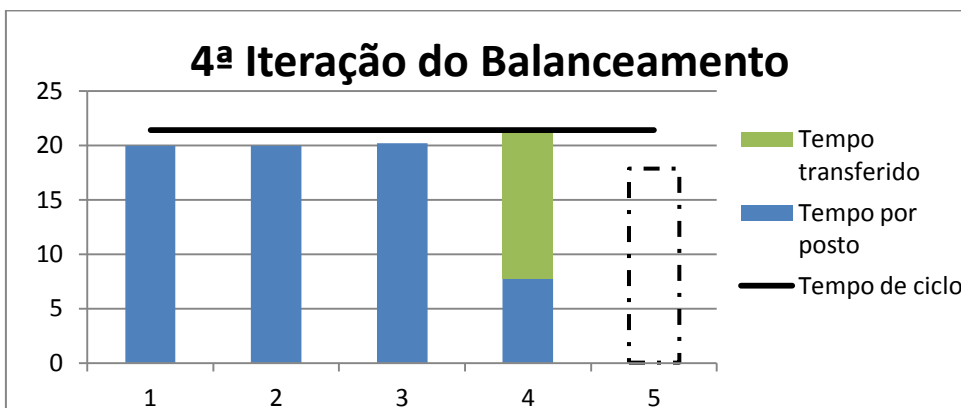


Figura 20: 4ª Iteração do balanceamento.

Assim cumpre-se com o objectivo da redução de postos para quatro e temos um sistema teoricamente balanceado. Agora o novo *Layout* passa a ser o que se vê na figura 21:

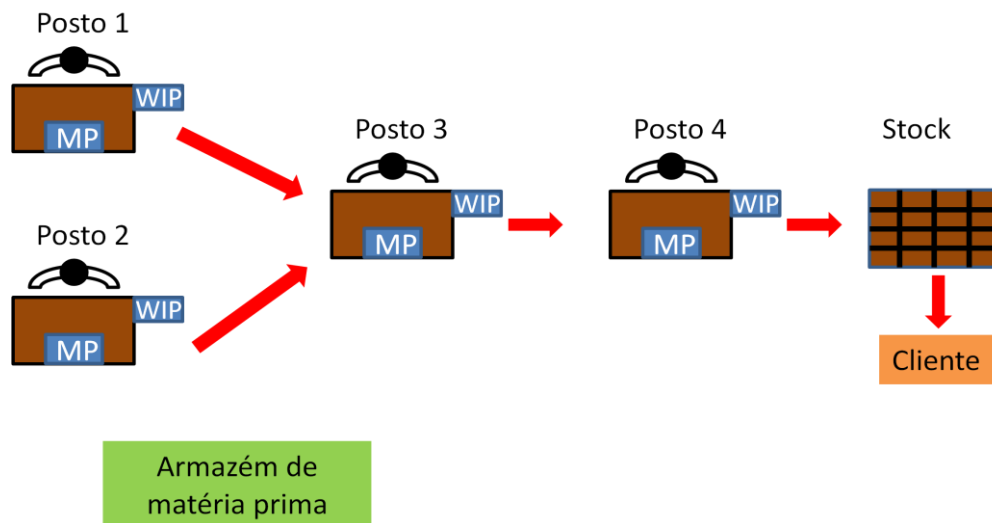


Figura 21: Novo *Layout* após o Balanceado.

Como libertámos um operador podemos atribuir-lhe um novo encargo de modo a aumentar a eficácia da linha. Relembrando que cada operador tem que efectuar o seu abastecimento, podemos então atribuir a este elemento a tarefa de abastecimento para todos os postos. Então passa-se a ter um abastecedor, e define-se as regras de abastecimento de forma similar:

- o abastecimento só pode ser feito para material em falta;
- não pode transportar todo o material disponível em armazém, de um determinado tipo;
- o abastecedor deve recolher as caixas quando vazias.

As novas instruções de trabalho foram remetidas para o anexo L.

Relativamente às outras circunstâncias, como as OF, lista de pedidos de cliente, lista de previsão de pedidos, *Push* e zonas, mantêm-se idênticas.

3.2.5 Desenvolvimento da 3ª Iteração

Aproveitando as oportunidades de melhoria da 1ª e 2ª iteração pretende-se implementar as seguintes ferramentas *Lean*:

- *pull/Kanban*;
- 5S/Gestão Visual;
- supermercado;
- *mizusumashi*;
- *pous*.

De seguida vai ser descrita como cada uma destas ferramentas foram implementadas no simulador.

Pull/Kanban

É difícil não implementar estas duas ferramentas simultaneamente devido à sua interdependência. O objectivo é colocar o sistema a funcionar sobre a filosofia *Pull* e eliminar os excessos de *stocks* intermédios no final da simulação. De facto o balanceamento na teoria devia prever esta situação, mas não existe um mecanismo que previna a criação de *stocks* intermédios, se estiver a trabalhar sobre uma filosofia *Push*.

Nesta iteração vamos eliminar as OF e substituí-las por *kanbans*. Temos dois tipos de *Kanban*, os de *Picking* e os de Produção. Neste caso as OF vão ser substituídas pelos *kanbans* de produção.

Os *kanban* de *Picking* (figura 21) vão servir para ajudar no abastecimento e organização de supermercado. Cada contentor localizado no supermercado vai ter um *kanban* de *Picking* associado, como se pode ver na figura 22.

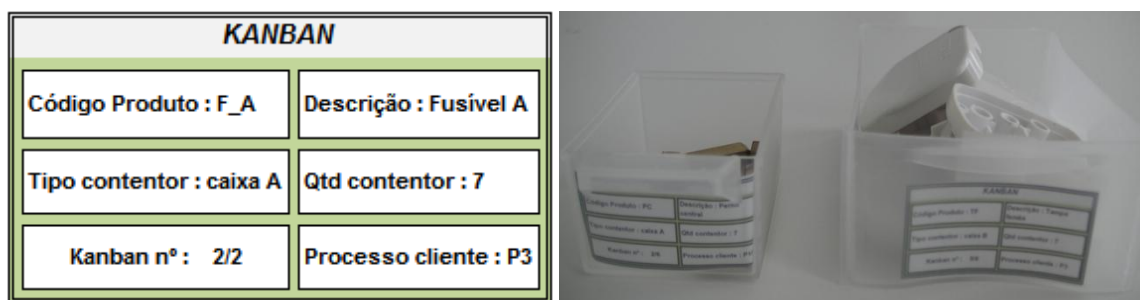


Figura 22: Imagem de um *Kanban* de *picking* (à esquerda) e caixas com *kanbans* de *picking* (à direita).

Para cada peça foram criados códigos de produto e, de acordo com o dimensionamento da caixa, o respectivo número de *kanbans* disponíveis. Como podemos ver na figura 22 existe dois tipos de caixa, devido às dimensões das peças, onde na esquerda está o tipo de caixa A e na direita o tipo B. Na tabela estão todas as informações referentes aos *kanbans*:

Tabela 12: Dimensionamento das caixas de supermercado

Componente	F.inc ⁷	Posto	Capacidade contentor	Nº <i>Kanbans</i> /Caixas	Código
Parafuso A	2	1;2	14	6	P_A
Tampa macho	1	1;2	7	6	TM
Cerra-cabos	1	1;2	7	6	CC
Pino grande	1	1;2	7	6	PG
Pino com suporte	1	1;2	7	6	PCS
Pino simples	1	1;2	7	6	PS
Suporte do fusível	1	3	7	6	SF
Fusível A	1	3	7	6	F_A
Fusível B	1	3	7	6	F_B
Fusível C	1	3	7	6	F_C

⁷ Factor de incorporação – número de peças necessárias para construir o produto final

Parafuso B	1	3	7	6	P_B
Tampa fêmea	1	3	7	6	TF
Papel	1	4	7	6	P
Saco plástico	1	4	7	6	SP
Etiqueta	1	4	7	6	E

Os *kanban* de produção (figura 23) vão ser entregues ao último posto pelo expedidor, de modo a despoletar a produção de um determinado tipo de ficha numa determinada quantidade, representado no *kanban*. Caso exista acumulação de *Kanbans* existe um sequenciador no posto 5 de modo a manter a ordem de recepção dos *Kanbans* de produção, e consequentemente a ordem de produção. Em anexo (anexo M) pode ser visto o sequenciador.

KANBAN PRODUÇÃO		
Processo : Posto 4	Código do produto : C	
Descrição : Produto C	Qtd produção : 3	
T/C : 21,4"	Kanban 6/18	Destino : Supermercado PA

Figura 23: *Kanban* de produção.

De modo a garantir o *Pull*, os *Kanbans* de produção só serão emitidos a cada minuto que passe (correspondendo aos pedidos do cliente). Como é óbvio tem que ser transmitido a todos os postos o que apenas devem produzir. Em cada posto existem acções que despoletam a produção de maneira diferente.

5S/Gestão Visual/*One-piece-Flow*

Nas iterações anteriores os produtos eram diferenciados através de caixas, onde tinham que ter capacidade superior a um produto (devido a filosofia *Push*). Como agora estamos a trabalhar sobre uma filosofia *Pull* e num novo *Layout*, reestruturou-se a forma de diferenciação através de gestão visual, como podemos ver na figura 24:



Figura 24: Gestão visual para o Pull.

Através de um código de cores (de acordo com a amperagem do fusível), passou-se a diferenciar o tipo de ficha em curso. Vai ser colocada entre o posto 3 e 4, pois é a partir deste posto que se começa a criar produto diferenciado. Durante a simulação o posto 4 retira um determinado tipo de ficha, e com a ausência de uma ficha num dos lugares informa o posto 3 que necessita de produzir uma unidade daquele tipo, garantindo assim o *pull/one-piece-flow*. Entre os postos 1 e 2 não é criado produto diferenciado, logo não faz sentido usar um sistema de cores. Na figura 25 encontra-se como vão ser definidas as novas zonas de *stock* intermédio:

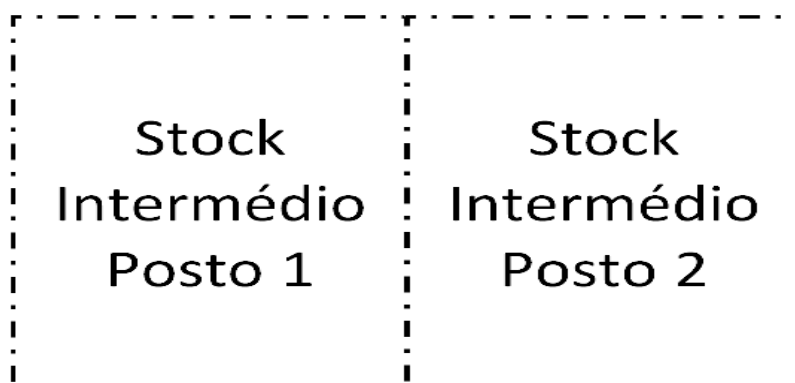


Figura 25: Zoneamento para os postos 1 e 2.

A mecânica funciona de igual forma aos postos 3 e 4, ou seja, o posto 1 ou 2 apenas deve produzir quando a sua respectiva zona estiver vazia. Com esta regra em cada zona, estabeleceu-se as últimas regras para o *pull/one-piece-flow*.

Aplicou-se a gestão visual às instruções de trabalho (ver anexo N).

Supermercado

Apesar da filosofia *Lean* definir que os *stocks* são considerados um desperdício, em muitas organizações é impossível evitá-los. Uma forma de contornar a questão é a aplicação de *stocks* controlados, denominados de supermercados.

Na simulação serão introduzidos dois supermercados, um para substituir o armazém de matéria-prima e outro para produto acabado.

O supermercado para a matéria-prima não poderá funcionar na totalidade porque não existe um sistema que o alimente. Assim o dimensionamento de material por caixas/abastecimento não tem limitações e não houve grandes considerações no dimensionamento do supermercado. A única consideração que houve foi o número de peças em cada caixa/abastecimento deve ser sempre igual perante as outras, garantindo que quando termine o material de uma caixa num determinado posto sabe-se que é necessário abastecer os outros postos.

O outro supermercado, de produto acabado, deve ser dimensionado pelos formandos pelo menor número possível de unidades (multiplicado pelos tipos). Sabendo que o cliente exige no máximo de 3 unidades por minuto e a capacidade do processo é de 2,8 unidades/minuto, parece não fazer muito sentido criar um supermercado. Mas no entanto pode acontecer erros por parte do operador que leve a atrasos que por si pode aumentar o *Lead Time* não satisfazendo os pedidos do cliente naquele minuto. Ou o simples facto que a capacidade do processo não é exactamente o mesmo que a procura do cliente. Apesar de o dimensionamento do supermercado ser feito através de alguma experiência pessoal, prevê-se três possíveis opções (tabela 13):

Tabela 13: Dimensionamento do supermercado

Nº unidades	Descrição	
3	Meramente preventivo	Existe apenas uma unidade de cada tipo, caso o sistema falhe uma vez
6	Híbrido	Combina a prevenção com a produção para supermercado, visto que em certas alturas as quantidades máximas pedidas serão de 2 unidades
9	Produção para supermercado	Os pedidos nunca vão exceder o <i>stock</i> de supermercado, onde o sistema estará sempre a produzir para supermercado sempre que haja uma unidade em falta

Se excedermos as 9 unidades, já estamos a ir contra a filosofia *Lean*, pois vão se criar *stocks* que se vão manter no supermercado durante toda a iteração.

Mizusumashi

De forma a melhorar a eficácia do sistema, ao retirar a tarefa de abastecimento aos operadores, decidiu-se implementar o *Mizusumashi*. As caixas do supermercado foram dimensionadas para que quando uma não tenha mais material disponível o *Mizusumashi* sabe que tem que abastecer todos os postos. De forma auxiliar o *Mizusumashi* é-lhe dado um tabuleiro com quatro divisões para colocar o material de cada posto. Com auxílio da gestão visual criou-se uma base para o tabuleiro (ver anexo O). Desta forma o *Mizu* pode realizar o fornecimento de forma rápida

e eficiente, isto é, quando o operador está a elaborar o tabuleiro, através da gestão visual, é muito mais simples perceber qual o material em falta no mesmo. Quando o *Mizu* realiza a distribuição, como o material está organizado por postos, com a gestão visual, a tarefa torna-se mais simples.

Associado ao *Mizu* estão rotas e horários para estes realizarem os abastecimentos. Definiu-se as seguintes regras para o *Mizu* operar:

- deve realizar o abastecimento do posto 4 para o posto 1;
- quando estiver material em falta no posto 4 o *Mizu* deve começar o abastecimento.

Com isto prevê-se que não haja tempos de espera devido a falta de material nos postos. As caixas que se encontram em vazio em cada posto, devem ser transportadas para a zona de supermercado pelo *Mizu* de modo a não estarem a ocupar espaço nos postos. Para facilitar a actividade do *Mizu*, definiu-se para os postos o *Pous*.

Pous

De modo a auxiliar actividade, do *Mizu*, implementa-se também o *Pous*, mais conhecido por sistema de duas caixas. A ideia é usar uma pequena estrutura com dois níveis, onde em cada nível existisse uma rampa, com direcções opostas. A estrutura foi projectada em *solidworks*⁸ de modo a facilitar a sua percepção (ver anexo P).

A proposta de rampa passa por criar uma rampa com duas caixas no máximo e com o mesmo tipo de material e quando o operador esvazia-se uma das caixas, retirava-a da frente onde a 2ª caixa pelo efeito de gravidade caia estando agora acessível. A caixa vazia era posta no segundo nível, caindo para a zona de caixas vazias onde estava ao cuidado do *Mizu* para ser recolhida.

Então até a rampa estar disponível elaborou-se bases, mais uma vez com auxílio da gestão visual para simular este sistema. Como as bases são planas não vai existir o efeito de gravidade, obrigando ao operador a realizar todas as movimentações. Assim define-se quais as operações e condições do operador perante as bases:

- o material só pode ser retirado de uma caixa que esteja na primeira fila;
- se a caixa da primeira fila estiver vazia, esta deve ser remetida para a zona de caixas vazias;
- se na primeira fila não estiver nenhuma caixa deve-se puxar a caixa da 2ª fila para a primeira, caso ela exista;

Através deste esquema das bases pretende-se que os formandos tenham noção da mecânica do sistema de duas caixas. Foi remetido para anexo uma das bases de um posto (ver anexo Q).

⁸ *SolidWorks*- software CAD 3D que permite desenhar peças em 3D através de formas elementares em 2D

Na figura 27, podemos então ver toda a disposição do material para iniciar a 3ª iteração. Elabora-se uma unidade de *stock* intermédio entre cada posto para verificar a eficácia da gestão visual aplicada as instruções de trabalho.

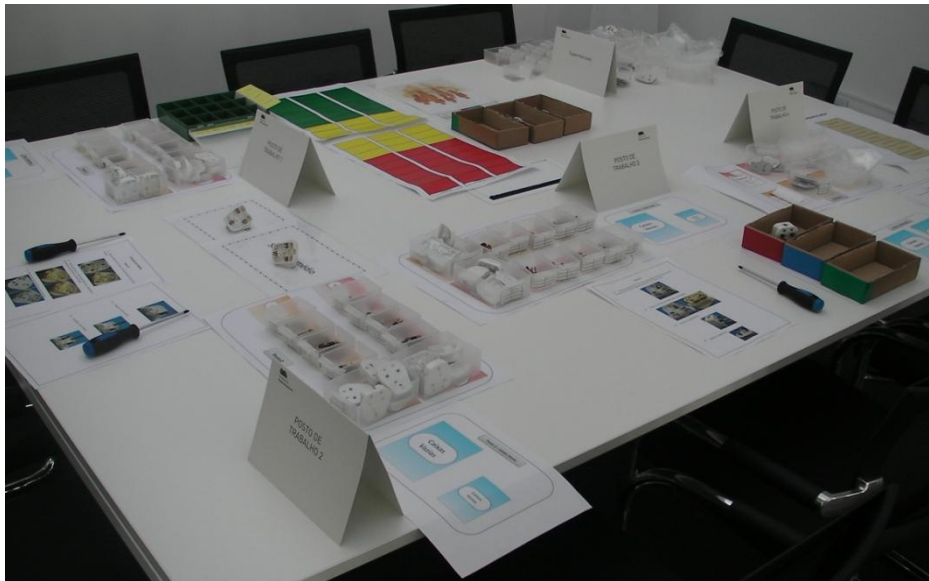


Figura 26: Disposição do material do simulador - 3ª iteração.

Desta forma fica definido todas as condições necessárias para se realizar a simulação numa formação.

3.3 Template para o VSM

Apesar de ter sido afirmado anteriormente que usar plataformas informáticas para criar VSM é errado e não acrescenta valor, procedeu-se desenvolvimento/melhoramento do template actual para VSM usado na empresa (Abdulmalek & Rajgopal, 2007). Outro ponto a considerar, é que o programa permita ao cliente a possibilidade de criar facilmente um VSM.

O template original encontrava-se em Excel, apenas com as imagens já pré-estabelecidas para o mesmo. Optou-se então por o desenvolvimento de uma ferramenta para criação de VSM com suporte de ambiente gráfico em VBA. O objectivo é desenvolver código que através de etapas iterativas e com o auxílio do ambiente gráfico seja possível criar um VSM desejado.

Pensou-se em usar a linha de raciocínio de Rother e Shook (1996), como base de construção deste template. Numa fase inicial desenvolveu-se este template para que seja possível apenas criar um VSM, onde a edição de VSM para já não será tida em conta.

3.3.1 Etapas do programa

Para iniciar o programa deve existir um conhecimento mínimo de VSM. Nesta fase inicial é pedido ao utilizador que caracterize o futuro VSM em função dos processos. Pretende-se associar ao VSM uma matriz onde cada processo está inserido numa posição da mesma. Não é necessário que todos os espaços da matriz sejam preenchidos mas o objectivo é determinar o tamanho máximo da matriz (figura 27).

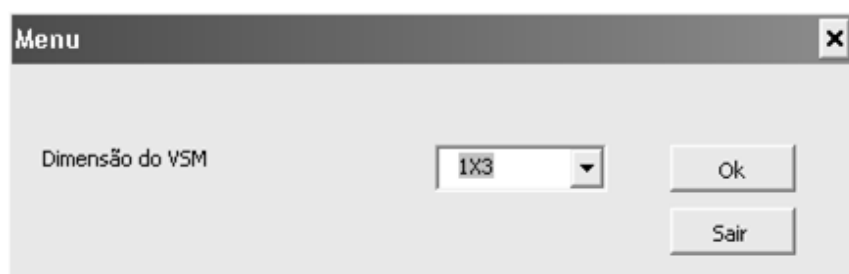


Figura 27: Template VSM, Menu.

De seguida procede-se à definição dos processos na respectiva matriz. De acordo com a matriz escolhida o programa vai gerar o número de caixas de acordo com o número de elementos da matriz, como se pode ver na figura 28.

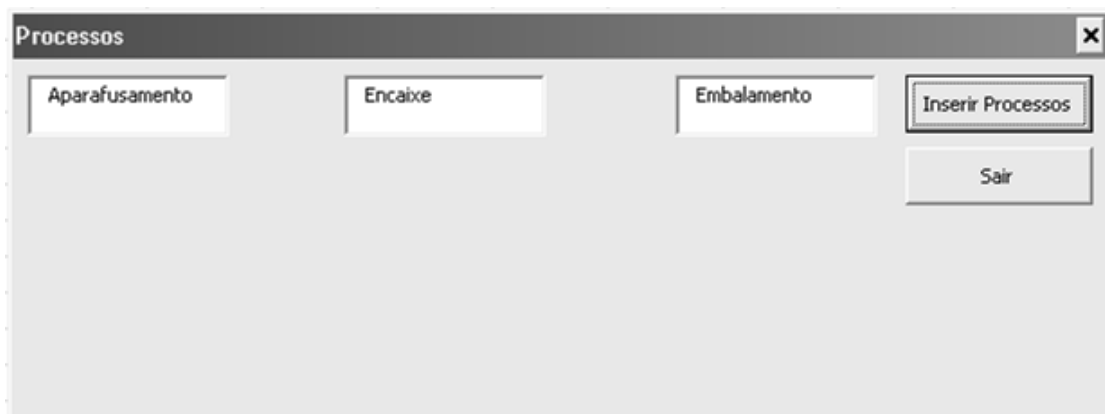


Figura 28: Template VSM, Processos.

Caso o programa gere caixas a mais do que processos existentes basta deixar a caixa em vazio que ao submeter os dados o programa assume que não existe processo.

Ao inserir os processos é gerado para cada processo uma caixa de listagem para serem adicionadas as métricas correspondentes, (figura 29). Existem já métricas definidas por defeito, mas também existe a possibilidade de adicionar mais. Para isso basta clicar no Botão “Adicionar Novas métricas” e um Submenu irá aparecer.



Figura 29: Template VSM, Métricas nos processos.

Basta escolher qual o processo que desejamos inserir as métricas, onde o número do processo é a sua posição na matriz. Depois de seleccionar todas as métricas basta clicar no Botão “Introduzir”. Para remover métricas é o mesmo processo de selecção do processo e clicar no botão “Remover”. Após a inserção de todas as métricas clica-se no Botão “Inserir métricas ” e passa-se para o próximo menu.

Embora este não seja o melhor exemplo (figura 31), existe também a necessidade de associar a todos os processos, os processos clientes, podendo ser um ou vários, se algum estiver em paralelo. Este não é melhor exemplo pois não existem processos em paralelo. Aproveitando a

definição dos processos clientes também é preenchido qual o *stock* intermédio existente entre processos.

Figura 30: Template VSM, *Work in progress* e Ligações.

Na figura 31 vê-se que entre cada processo estão duas caixas, a superior que corresponde ao número do processo cliente do processo à esquerda. O inferior corresponde ao *stock* intermédio entre processos. Após os valores serem inseridos, clicar no botão “Inserir WIP/Ligações”. De facto neste passo poderia ser feita uma definição se os processos actuais actuam sobre *Pull/Push*, se produzem para supermercado, se operam sobre um sistema de *kanbans*, etc., Esta definição não foi neste passo nem noutra parte do programa, onde posteriormente será explicado o porquê da omissão deste passo. De seguida é necessário inserir todos os valores inerentes às métricas que forem seleccionadas para cada processo (figura 32).

Processo	Métrica	Valor
Aparafusamento	C/T	1
	C/O	3600
	Uptime	85%
	AWT	27600
	EPE	2 semanas
Encaixe	C/T	39
	C/O	600
	Uptime	100%
	Turnos	2
	AWT	27600
Embalamento	C/T	46
	C/O	600
	Uptime	100%
	Turnos	2
	AWT	27600

Figura 31: Template VSM, Inserir Dados.

É de ter em conta que todos os valores que sejam temporais devem ser colocados em segundos, à excepção do EPE pois este pode assumir valores temporais muito elevados. De seguida é preciso atribuir a informação necessária da procura e oferta, como se vê na figura 33.

Figura 32: Template VSM, Cliente e Fornecedor.

Os tipos de transporte já se encontram definidos por defeito pois não variam para além dos 4 exibidos na figura 33. Relativamente ao processo cliente, é o processo que recebe a matéria-prima do fornecedor, e o processo fornecedor é o processo que vai enviar o produto acabado para expedição. O número atribuído a cada processo é realizado como descrito anteriormente. Clicar no botão “Inserir Valores” para passar a definição o fluxo de informação.

No VSM existe uma caixa de processo que representa o controlo de produção. É a partir do controlo de produção onde se dá ordens de pedidos ao fornecedor, recebe ordens de pedidos do cliente e envia ordens de fabrico para a linha de produção. Desta forma passa-se para o seguinte menu, onde em primeiro lugar define-se qual o tipo de sistema de informação usado para o controlo de produção.

Figura 33:Template VSM, Definição do controlo de produção.

Em segundo lugar é necessário definir qual o número de ligações existentes com todos os processos, cliente e fornecedor. De seguida clicar no botão “Gerar” onde o menu é expandido para poder definir melhor as ligações de informação.

	Processo	Tipo
Ligação 1	1	Go see
Ligação 2	2	Go see
Ligação 3	3	Go see
Ligação 4	Fornecedor	Electrónica
Ligação 5	Cliente	Electrónica

Figura 34:Template VSM, Definição de ligações.

De acordo com o número de ligações vão ser geradas número de caixas de texto. A cada ligação temos que atribuir qual o destino da informação e de que forma ela é feita. Nas *combo-boxs* de cada processo já vem por defeito os nºs dos processos e as entidades cliente e fornecedor. O mesmo acontece com o tipo, onde existe o “Go see”, Electrónica e Normal. Para terminar clicar no botão “Inserir”.

Nesta fase temos todos os passos completos para poder formar um VSM, e após o clicar no botão “Inserir” é gerado o VSM correspondente aos dados inseridos, onde de seguida é pedido um nome para guardar o ficheiro.

Figura 35:Template VSM, Nome do ficheiro.

Após a inserção do nome do ficheiro, aparecerá o fundo do Microsoft Excel com o VSM elaborado.

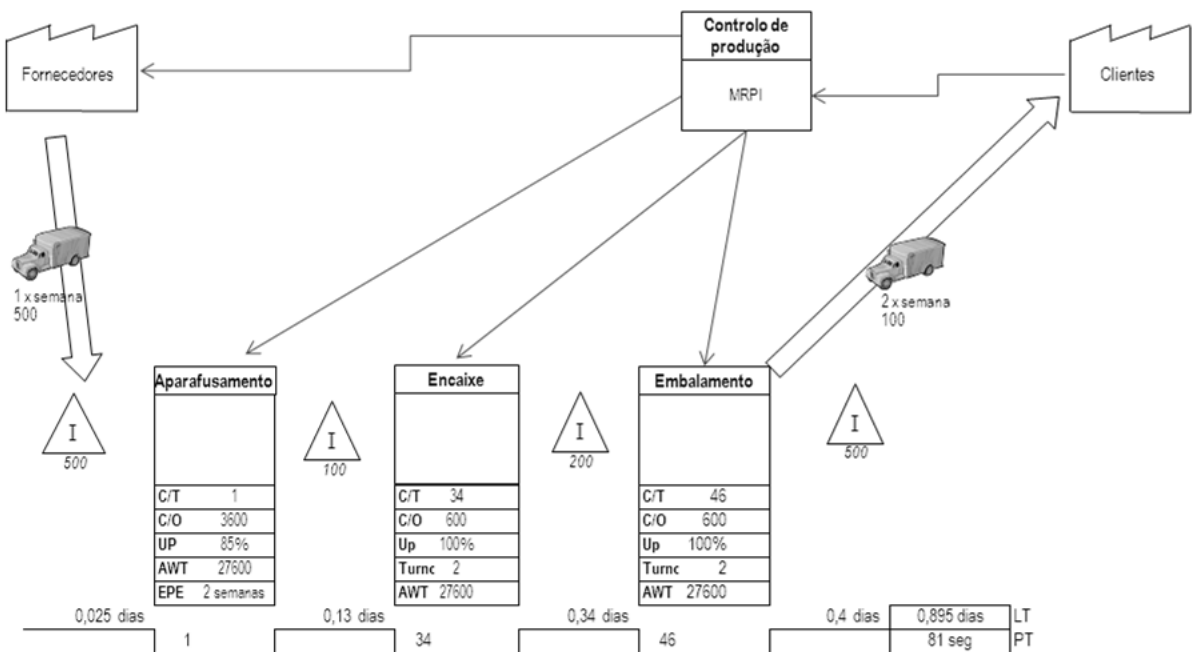


Figura 36: Template VSM, VSM final.

Na figura 37 podemos ver o VSM elaborado com os dados inseridos ao longo dos *Mockups*. De certa forma o programa não proporciona um método rápido para elaborar o VSM, mas qualquer pessoas com conhecimentos básicos sobre VSM consegue usar esta simples ferramenta.

4 Conclusões e trabalho futuro

Ao finalizar este trabalho foi possível entender quais os pontos realmente importantes a destacar, tal como as suas limitações. Em primeiro lugar, procurou-se elaborar uma metodologia de apoio ao VSM direccionada a PME nacionais. O objectivo passa pela consciencialização das PME para a importância do VSM na iniciação de projectos *Lean Thinking*, tal como a transmissão de conhecimentos sobre o tema. Não se procurou retratar nenhuma indústria em específico, mas sim abordar os conceitos associados de forma global para uma fácil percepção.

Em segundo lugar, foram retratados as diferentes fases da elaboração de um simulador, direccionado para formações. O simulador pode também servir de base para a criação de outros simuladores com o objectivo de prever/explicar a aplicação de ferramentas *Lean Thinking* num determinado sistema. Durante a elaboração do simulador, foi necessário construir um cenário não real, propício à implementação de melhorias, mas a base do mesmo pode ser adaptada de uma situação real. Tendo em conta que existe *software* de simulação⁹ como alternativa, é de relembrar que nem todas as indústrias tem possibilidade de adquirir este tipo de *software*, tendo a necessidade de recorrer a técnicas de simulação mais simples e rudimentares. Na vertente de formação, o simulador é uma óptima ferramenta para explicar conceitos nele introduzidos, através da prática, ajudando na consolidação dos conhecimentos teóricos.

Por fim, é descrita o desenvolvimento de um *template* de auxílio à elaboração do VSM. Este foi desenvolvido seguindo a lógica de desenho do VSM, disponibilizada por Rother e Shook (1998). Desta forma, qualquer pessoa com conhecimentos básicos sobre fluxos de valor consegue elaborar facilmente um VSM. Da mesma forma, é possível aprender a elaborar um VSM através do uso do programa.

4.1 Conclusões gerais

O VSM é actualmente uma ferramenta bastante conhecida e bem aceite nos vários segmentos industriais. Após do desenvolvimento da metodologia para o VSM, existe a necessidade de validação através da experiência pessoal e consequente prática. Apesar de terem sido fornecidos casos de estudo pela empresa, a informação disponibilizada não foi a melhor nem suficiente para suportar a criação da metodologia, tendo sido necessário fortemente à literatura existente.

Foram sugeridas algumas soluções de modo a solucionar alguns problemas identificados pela VLM Consultores, onde de igual forma só através de prática em futuros trabalhos da empresa estas soluções poderiam ser validadas.

Esta metodologia não é direccionada para nenhuma indústria em específico e consequentemente não apresenta nenhuma solução em específico, mas vai de encontro a problemas comuns e apresenta possíveis soluções.

Os processos, a definição de indicadores e a recolha de dados estão interligados e são de grande importância. Devem ser definidos correctamente quais os indicadores a usar, pois a análise de informação em função da melhoria contínua está dependente desta prévia definição. Ao analisar os casos de estudo, os indicadores mais comuns não diferem dos sugeridos por Rother & Shook

⁹ *Software* de simulação – Arena – *software* de simulação e de automação, com eventos discretos

(1996). Quanto à recolha de dados, o método deve ser previamente definido, de modo a não se registar inconformidades aquando da recolha. Na recolha de dados deve-se perceber todos os valores obtidos de modo a conseguir detectar de imediato conformidades.

Ao longo de todo o trabalho foi possível encontrar informação de modo a enriquecer cada parte da metodologia, porém, parece não existir uma grande preocupação com uma das partes: Elaboração do plano de acção e implementação. É de salientar que esta parte é bastante importante pois serve como guia de orientação para o gestor do fluxo de valor e para a equipa. E uma boa forma de ter o apoio da gestão de topo é recorrer à apresentação dos planos, provavelmente com a necessidade de ajuste dos mesmos de modo a que se perceba quais os benefícios caso, os objectivos sejam alcançados.

Concluindo a metodologia do VSM, procedeu-se a elaboração do simulador. Incorporou-se partes da metodologia na elaboração do simulador.

O simulador foi posto em prática durante uma formação numa determinada empresa. Porém, devido à falta de tempo apenas foram feitas duas iterações. Durante essas iterações foram expostos praticamente todos os conteúdos (fundindo a 2ª iteração com a 3ª). Foram realizados alguns ajustes perante o simulador realizado em formação e o descrito neste trabalho. Os pontos ajustados são:

- lista de pedido de clientes/lista de previsão de pedidos;
- *heijunka Box*;
- *mizusumashi*.

A lista de pedidos do cliente, utilizada na formação, não estava nivelada como descrita anteriormente e incluía pedidos com quantidades acima da capacidade do processo. Como foi abordado durante o trabalho, se a procura do cliente estiver acima da capacidade do processo estamos a boicotar a filosofia *Pull*. No decorrer da simulação verificou-se que o *Pull* obteve melhores resultados do que o *Push* (comparando o número de pedidos satisfeitos), mas tendo em conta que na primeira iteração os colaboradores tratam do próprio abastecimento, obviamente que o *Push* não iria ter melhores resultados. É ainda necessário ter em conta que na 2ª iteração com o *Pull*, existem bastantes ferramentas implementadas de modo a melhorar a capacidade do sistema. Decidiu-se então optar por uma lista de pedidos de clientes nivelada, apesar de não corresponder à realidade. Com o nivelamento da procura prevê-se que o *Push* irá falhar ainda mais, pois o *Layout* trabalha com três tipos de produto. Prevê-se que exista uma maior diferença entre os vários pedidos do cliente satisfeitos de forma a realçar favoravelmente o *Pull*. Caso fosse só um tipo de produto, o *Push* poderia atingir melhores resultados.

A simulação decorreu com uma *Heijunka Box* para auxiliar o planeamento de produção. Porém, se estamos a querer mostrar os benefícios do *Pull* e o facto de existir uma ferramenta de planeamento pode vir a destronar a flexibilidade do *Pull*, transformando o sistema em *Push*. A *Heijunka Box* foi usada apenas com objectivos pedagógicos, mas como de momento não estão reunidas as condições necessárias para a sua utilização, decidiu-se excluir para já este conceito. Possivelmente, a *Heijunka Box* poderá vir a ser utilizada caso seja implementado algum processo com elevados tempos de *setup*.

Por fim, não foi atribuído um tabuleiro ao *Mizu* e como este necessitava de transportar várias caixas verificou-se que este teve que forçosamente fazer várias viagens e mesmo com o sistema de duas caixas houve tempos de espera de material. Decidiu-se então introduzir o tabuleiro de modo a corrigir este problema e adicionalmente aplicar-lhe gestão visual, para uma melhor elaboração do tabuleiro.

Relativamente à 1ª iteração esta correu como de esperado, pois as entropias surgiram como estava previsto. Existiram grandes tempos de espera devido à falta de material, assim como devido à necessidade de auto-abastecer o posto, e ainda o facto de existir bastante confusão na

movimentação das pessoas. As instruções de trabalho levantaram imensas dúvidas e foi necessário demonstrar a realização de tarefas. No final da simulação foi realizado um VSM, como podemos ver na seguinte figura 37:

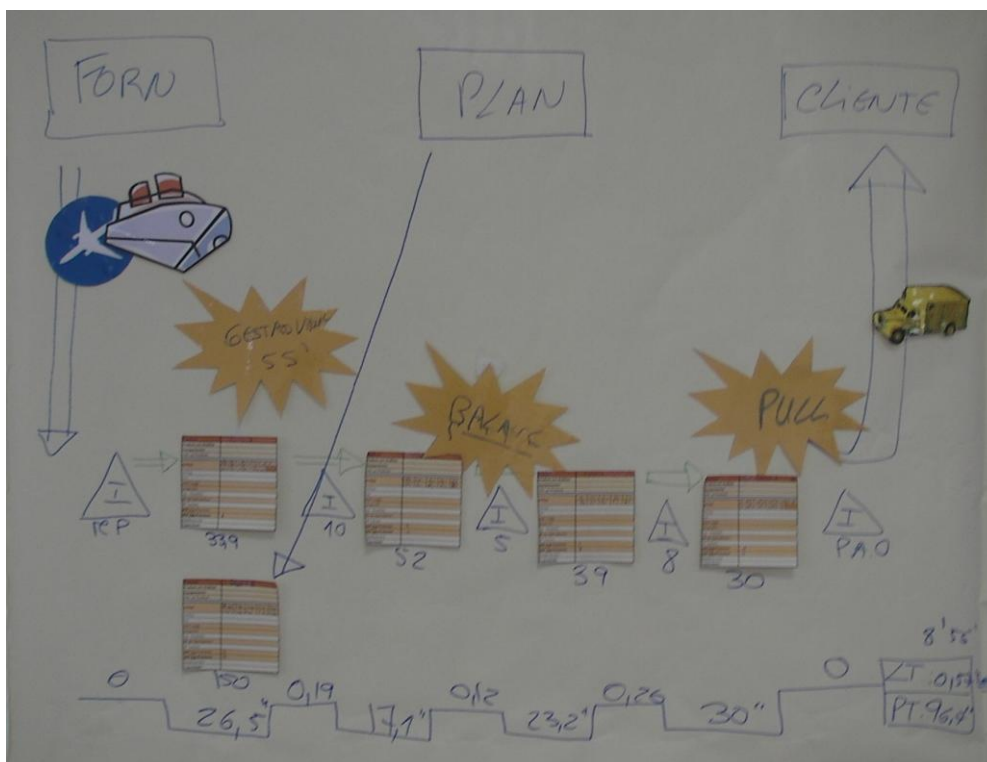


Figura 37: VSM da simulação.

De acordo com os tempos retirados e com o estado final da simulação é possível então elaborar o VSM, que através do número de *stocks* intermédios e com a capacidade de cada posto conseguiu-se determinar os *Lead Times*. Foi remetido para anexo todos os valores obtidos na simulação (ver anexo R).

Como se pode ver na figura 37, foram destacadas três melhorias: *Pull*, gestão visual e balanceamento. Obviamente que estes temas foram induzidos previamente na formação, de forma a dar continuidade a simulação. As outras melhorias, apesar de não identificadas, também foram induzidas na formação.

Como nenhum dos grupos de formandos sugeriu um balanceamento melhor, foi então usado o pré balanceamento. Apesar dos postos não terem sido cronometrados na 2ª iteração, foi facilmente perceptível que o *Layout* estava balanceado, devido a inexistência de gargalos e menores tempos de espera. Relembrando que os postos 1 e 2, deviam ter os ciclos alternados de modo a que a cada 21,4 segundos emitissem uma peça intercaladamente, durante a simulação isso não aconteceu pois não existe nenhum mecanismo que garanta esta condição estando dependente dos próprios operadores garantirem a sincronização.

Os formandos tiveram maior facilidade em perceber as instruções de trabalho com a gestão visual, e consequentemente uma eficaz aplicação do conhecimento onde não foi necessário explicar os processos de montagem. A gestão visual facilitou bastante a aprendizagem, pois as operações de montagem são diferentes da 1ª para a 2ª iteração, tal como os postos que as têm que realizar.

Como previsto, na 2ª iteração foram satisfeitos mais pedidos de cliente e os únicos *stocks* intermédios e finais foram apenas os previstos. Foi fácil a percepção dos conteúdos por parte dos formandos devido a aplicação prática desses conteúdos, completando assim o objectivo da formação.

O VSM realizado durante a formação foi elaborado com rapidez devido ao método utilizado (tradicional), pois o tempo em formações é sempre limitado. Caso fosse utilizado o método informático seria necessário mais tempo, mas depois iria ser possível oferecer a cada formando um VSM, e ao usar o template desenvolvido havia também maior rigor no armazenamento de dados. Verificou-se que por este método não houve grande rigor no registo de informação, levando a alguma dificuldade no tratamento de dados.

Relativamente ao *template*, em comparação ao método usado pela VLM Consultores prevê-se melhorias na elaboração de um VSM. Através de nove etapas qualquer utilizador deve ser capaz de conseguir criar um VSM apenas com conhecimentos básicos desta ferramenta. Outro ponto a salientar prende-se com o facto do programa não transmitir rapidez de execução mas é de notar que a manipulação manual de imagens no *Excel*, tal como o preenchimento de campos é bastante moroso. Face à criação inicial de um VSM, o novo *template* proporciona melhorias.

Outro problema encontrado, está relacionado com a dinâmica que é necessária para criar um VSM, e esta linguagem de programação não o permite. Acontece que um VSM pode adquirir várias dimensões e a própria elaboração do programa obriga a que se limite um tamanho máximo para o VSM, o que não se torna muito vantajoso.

4.2 Trabalho futuro e limitações

Como esperado, surgiram vários factores que condicionaram o desenvolvimento dos tópicos propostos. Após o desenvolvimento de toda a metodologia para o VSM é necessário proceder à sua aplicação prática de modo a testar e obter *feedback*. De seguida, seria necessário proceder aos ajustes da mesma e recorrer a uma nova revisão bibliográfica, se necessário, tendo como objectivo o aprofundamento da metodologia e a melhoria contínua. Seria também favorável dar continuidade à análise dos VSM realizados pela VLM Consultores, com vista à identificação e correcção de lacunas no procedimento usado, é uma prioridade.

Por motivos relacionados com confidencialidade não foi possível utilizar durante este relatório toda a informação disponibilizada pela VLM Consultores para o desenvolvimento da metodologia, o que a tornaria mais completa e perceptível a análise dos casos de estudo.

É de realçar a importância do armazenamento de indicadores (antes e após as melhorias) de modo a obter um ponto de comparação, com o objectivo de avaliar qual a eficiência do trabalho realizado. Porém, o problema surge quando a informação para avaliação do desempenho reside fora da organização, como por exemplo na satisfação do cliente. Devem ser desenvolvidas novas ferramentas de avaliação de modo a contemplar todos os casos previstos, já que se trata de uma etapa, que pode ditar o destino de futuras implementações *Lean*. Outra limitação identificada está relacionada com a definição das famílias de produto através da tecnologia de grupo. Parece não haver uma outra opção para a definição de famílias, o que poderia ser uma mais-valia para as empresas, se encontrarem dificuldades em aplicar a tecnologia de grupo nos seus produtos.

Quanto à realização do VSM, devem ser desenvolvidas novas técnicas que facilitem a construção do mesmo. Ao mesmo tempo devem ser aplicadas técnicas como a gestão visual de modo a melhorar a percepção de um VSM. Seria também interessante o desenvolvimento de outras técnicas que ajudem a construir VSM mais rápidos, como por exemplo para acções formativas, onde o tempo é limitado.

É necessário comparar os valores obtidos na simulação com os valores do pré-balanceamento, de modo a verificar o rigor do mesmo. Se houver uma grande diferença então deve-se realizar um novo pré-balanceamento, com os novos valores.

Pode-se também ajustar o simulador ou criar uma nova iteração para implementar a *Heijunka Box*. A *Heijunka Box* está associada ao nivelamento de produção, devido aos tempos de *setup* e troca de ferramenta. Se for possível inserir estes dois factores no simulador, prevê-se que sejam satisfeitas as condições necessárias para introdução da *Heijunka Box* e também do conceito S.M.E.D.

O simulador incorpora três produtos diferentes, diferenciados apenas pela amperagem do fusível, o que o torna simples. Introduzir outro tipo de produto ou até o mesmo, mas com outro tipo de características (ex: cor, tamanho, material) de modo a complicar o sistema. Através da introdução de um produto com novas características pode ser vantajoso para a introdução do conceito S.M.E.D.

Alguns componentes, como a procura nivelada e a previsão de pedidos do cliente, não foram testados em formação. Futuramente devem ser experimentados e comparados de forma a perceber qual a melhor solução para destacar a filosofia *Pull* da *Push*.

Durante a formação não foi utilizado o *template* para elaborar o VSM devido tempo limitado. Porém se fosse usado, teria sido desperdiçado imenso tempo em formação, mas por outro lado o VSM elaborado estaria totalmente correcto. Como se pode verificar na figura 37, foram cometidos

alguns erros, como a não especificação da frequência de abastecimento do fornecedor, erros que são bastante comuns.

Para o *template* do VSM apenas se representou a lógica de funcionamento do programa através dos *Mockups*. Quanto à programação em si, esta não foi realizada devido a falta de tempo. Era ainda necessário encontrar uma linguagem de programação mais adequada e que servisse os propósitos inicialmente propostos, relativamente à compatibilidade.

No decorrer da elaboração dos *Mockups* e da lógica do programa, foram percebidas algumas limitações associadas ao VBA. O que acontece na verdade é que a linguagem VBA baseada no VB 6.0, não engloba as mesmas potencialidades, o que cria algumas limitações para a criação do programa.

De modo a conceder maior potencialidade ao programa deve ser encontrada uma forma de eliminar a limitação do tamanho do VSM. Talvez com a definição de uma nova linguagem de programação esse problema possa ficar resolvido.

Deve ser também encontrada uma solução para a manipulação de imagens na representação da mecânica entre processos. Em algumas situações é necessário usar mais que um símbolo no VSM para representar a mecânica entre processos, como *Pull/Push*, supermercados, *Kanbans*, etc., e para cada símbolo está associada uma imagem, obrigando a manipulação simultânea de imagens. Desta forma a manipulação de imagens torna-se mais difícil e complexa, tornando-se assim um objectivo futuro a tratar. Desta forma o utilizador fica incumbido de tratar dessa representação manualmente. Ainda relativamente às imagens, também se pode criar uma livreria de imagens de modo a que o cliente possa inserir imagens novas através do programa.

Por fim pensa-se ser bastante interessante o desenvolvimento de um *template* que permita também a edição de VSM, e não apenas a sua construção.

Bibliografia

Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study., (pp. Int. J. Production Economics 107 (2007) 223–236).

Ballé, M. (2010). *Michael Ballé Gemba Coach Column*. Obtido em 20 de 8 de 2011, de Lean.org: <http://www.lean.org/balle/ColumnArchive.cfm?y=2010#Col1529>

Baudin, M. (2005). *Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods*. Nova Iorque: Productivity Press.

Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *Department of Manufacturing Engineering and Operations Management, University of Nottingham, University Park Nottingham NG7 2RD, UK*, (pp. Int. J. Production Economics 59 (1999) 53-64).

Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press.

Duarte, P. (2009). *Sapo*. Obtido em 20 de 9 de 2011, de Toyota destrona GM como maior fabricante do mundo|Económico: http://economico.sapo.pt/noticias/toyota-destrona-gm-como-maior-fabricante-do-mundo_1602.html

Gomes, J. E., Elias, S. J., Aragão, R. L., & de Oliveira, J. L. (2008). Balanceamento de linha de montagem na indústria automotiva- Um estudo de caso. *XXVIII Encontro Nacional de engenharia de produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

HCI. (11 de 7 de 2011). *PDCA Cycle*. Obtido em 17 de 3 de 2011, de HCI: <http://www.hci.com.au/hcsite3/toolkit/pdcacycl.htm>

Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. (pp. International Journal of Information Management 27 (2007) 233–249). Innovative Manufacturing Research Centre, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, Bath, BA2 7AY, UK.

Hyer, N. L., & Wemmerlov, U. (1984). Group technology and productivity. *Harvard Business Review*.

Insyte Consulting. (2010). *Insyte Consulting*. Obtido em 18 de 4 de 2011, de 5S - Workplace Organization: <http://www.insyte-consulting.com/Services/OperationsImprovement/ManufacturingOperations/5S-WorkplaceOrganization>

ITC. (19 de March de 2004). *Advanced Manufacturing News*. Obtido em 13 de 8 de 2011, de http://www.itc.mb.ca/downloads/adv_manufacturing_news/adv_manufacturing_news_2004/AMNews040319.pdf

James P. Womack, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster.

Jones, D., & Womack, J. (2002). *Seeing the Whole: mapping the extended value stream*. Lean Enterprise Institute.

Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan Management Review* 30 (1): 41–52 .

Laraia, A. C., Moody, P. E., & Hall, R. W. (1999). *The Kaizen Blitz: accelerating breakthroughs in productivity and performance*. John Wiley and Sons.

Lean Enterprise Institute. (2009). *Lean.org*. Obtido em 2 de 3 de 2011, de What is Lean: <http://www.lean.org/whatslean/>

Lean Enterprise Institute. (2006). *The Value Stream Manager| Lean Enterprise Institute*. Obtido em 23 de 6 de 2011, de Lean.org: <http://www.lean.org/common/display/default.aspx?o=221>

Li, S. G., & Rong, Y. L. (2008). The reliable design of one-pieceflow production system using fuzzy ant colony optimization. *Department of IE and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, PR China*, (pp. Computers & Operations Research 36 (2009) 1656 -- 1663).

Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill Professional.

Liker, J. K., & Meier, D. (2005). *The Toyota Way Fieldbook*. McGraw-Hill.

Liker, J., & Franz, J. K. (2011). *The Toyota Way to Continuous Improvement: Linking Strategy and Operational Excellence to Achieve Superior Performance*. McGraw-Hill.

Masaaki, I. (1997). *Gemba Kaizen : A Commonsense Low-cost Approach to Management*. McGraw-Hill Professional.

McDonald, T., Van Aken, E. M., & Antonio, R. F. (2002). Utilising Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application., (pp. International Journal of Logistics: Research and Applications Vol. 5, No. 2).

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. Productivity Press.

Pinto, J. P. (2006). *Gestão de Operações: Na indústria e nos serviços*. Lisboa: LIDEL.

Pinto, J. P. (2008). *Introdução ao Lean Thinking*. Lean Thinking Community.

Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean, A filosofia das organizações vencedoras*. LIDEL - Edições Técnicas, Lda.

Resource Engineering, I. (2004). *Lean Manufacturing*. Obtido em 30 de 4 de 2011, de www.QualityTrainingPortal.com/:
http://www.qualitytrainingportal.com/resources/lean_manufacturing/form_44a_app6.htm

Rother, M., & Shook, J. (1996). *Learning to See*. The Lean Enterprise Institute.

Silva, R. M. (2008). *Aplicação do Value Stream Mapping para o estudo e melhorias do processo produtivo*. Aveiro: Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Universidade de Aveiro.

Staats, B. R., Brunner, D. J., & Upton, D. M. (2011). Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider., (pp. Journal of Operations Management 29 (2011) 376–390).

Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a melhoria contínua*. LeanOp.

Tapping, D., Shuker, T., & Luyster, T. (2002). *Value Stream Management*. Productivity Press.

Thomes, H. M. (2005). *Lean Roadmap*. Lulu.com.

Toyota Motor Company. (2011). *The origin of the toyota production system*. Obtido em 17 de 03 de 2011, de Toyota Motor Company: http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/origin_of_the_toyota_production_system.html

VLM Consultores. (2010). *Lean Thinking.pptx*.

Walk. (2011). *Áreas de actuação: Gestão de operações*. Obtido de VLM Consultores S.A.: www.vlm.pt

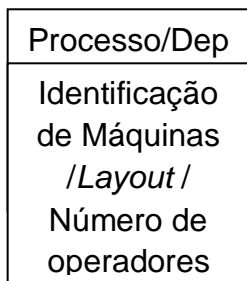
Wesner, E. (2010). *Success Made Simple: An Inside Look at Why Amish Businesses Thrive*. Jossey-Bass.

Womack, J. P. (2011). *Gemba Walks*. Lean Enterprises Inst Inc.

Anexos

Anexo A – Simbologia para o VSM

Caixa de processo



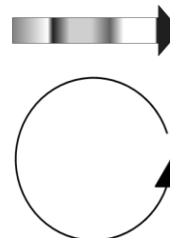
Meios de transporte



Fornecedor/Cliente



Push/Pull



Supermercado



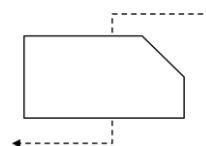
"Go see"



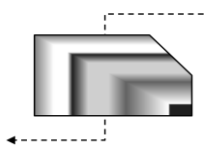
Fluxo de informação
(manual/electrónica)



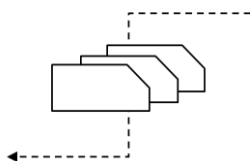
Kanban de produção



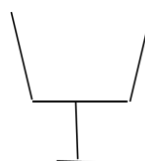
Extracção de
Kanban



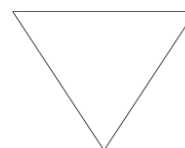
Kanban em lotes



Posto de *Kanban*



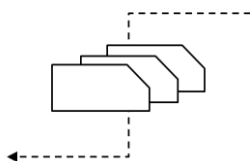
Sinal *Kanban*



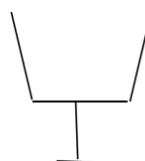
Nivelamento



Frequência do
planeamento



Operador



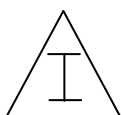
Evento *kaizen*



Sequência FIFO



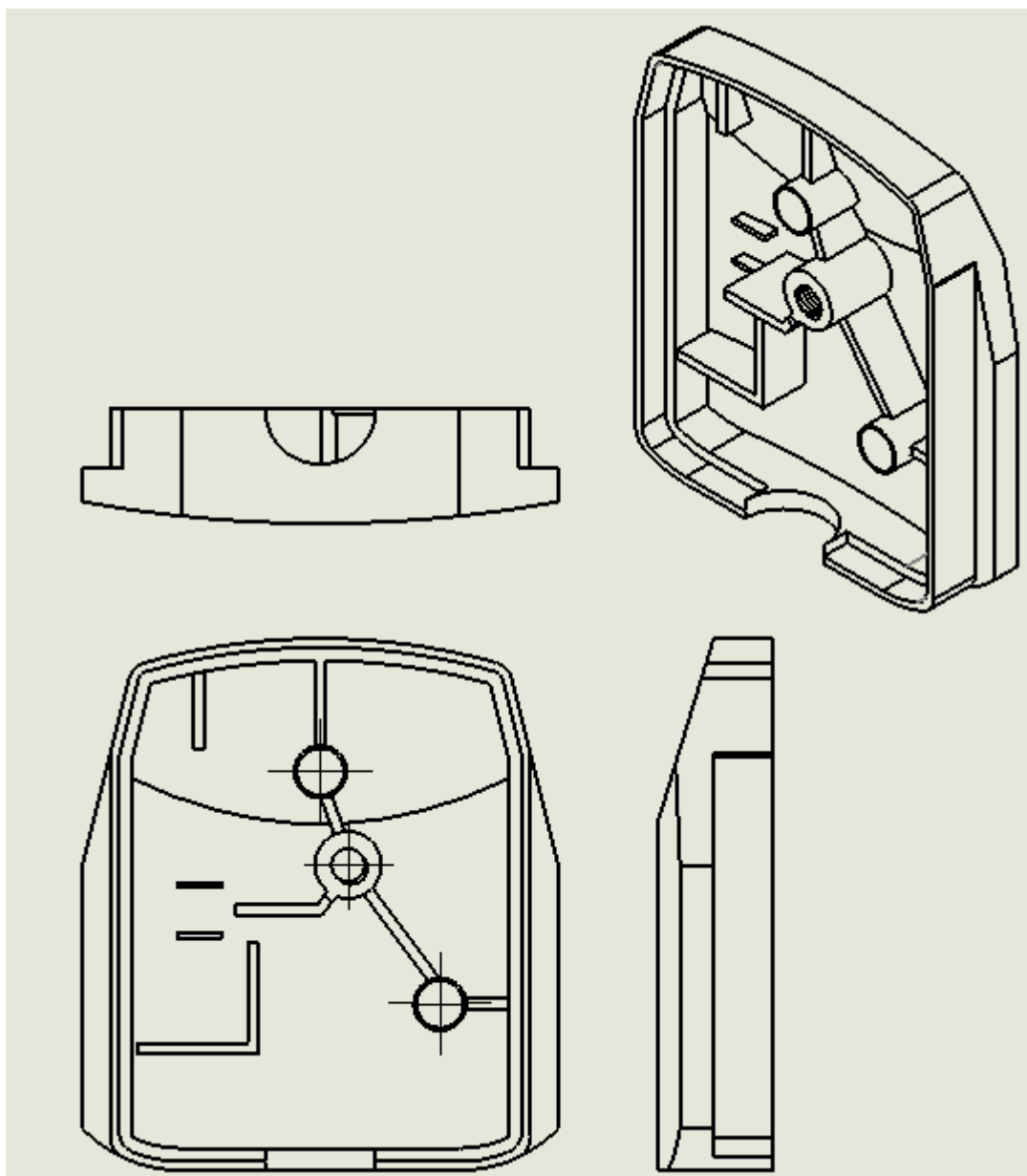
Inventário



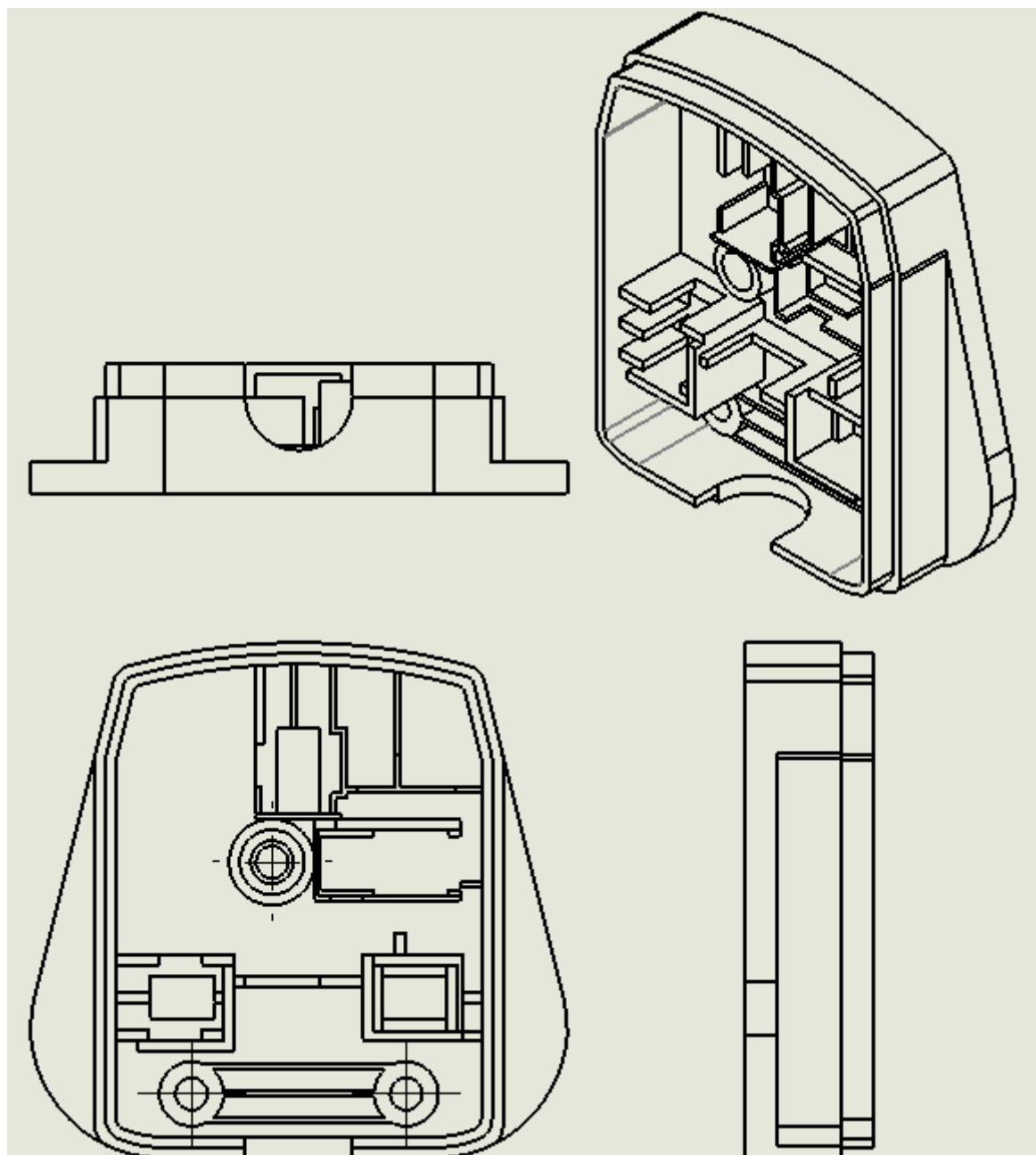
Caixa de dados

C/T
C/O
EPE _x
Scrap

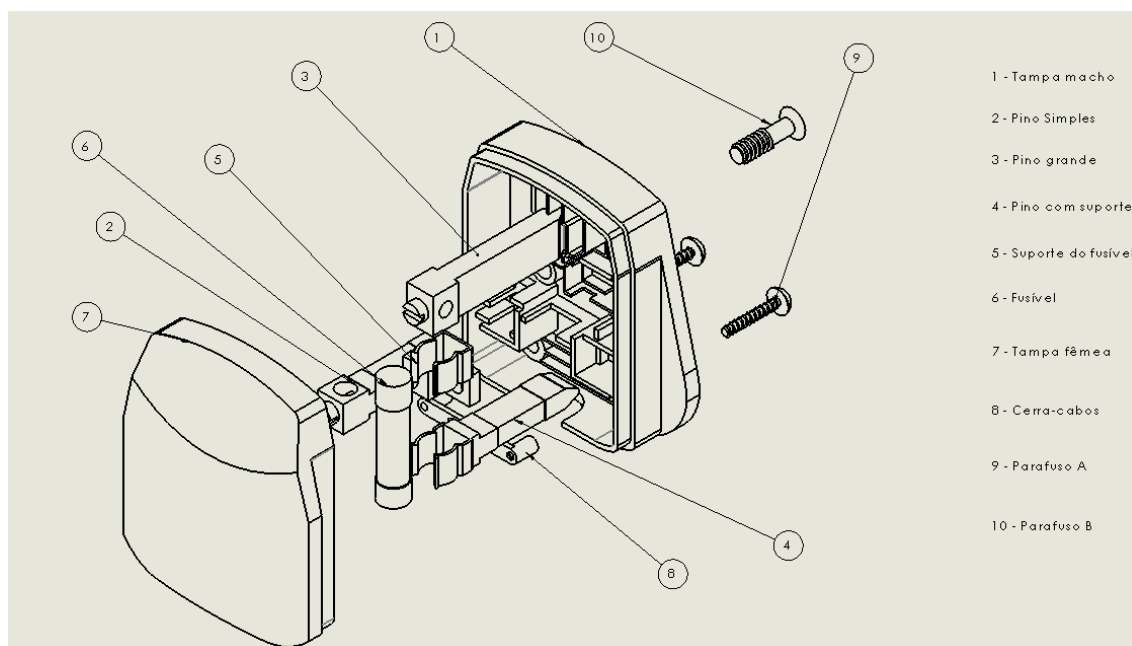
Anexo B – Desenho técnico da peça fêmea



Anexo C – Desenho técnico da tampa macho



Anexo D – Visto explodida da ficha



Anexo E – Tempos das operações elementares

Operações/Tempos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	6,78	5,9	7,43	6,1	6,45	7,23	7,8	6,45	6,01	6,4	6,9	6,4	6,7	5,6	7,6	5,4
2	4,1	4,3	5,7	5,5	4,5	4,6	4,6	5,6	5,4	4,76	4,5	5,3	4,3	6,1	6,3	4,3
3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
4	15,6	18,1	16,4	14,5	19,5	17,5	17,4	18,4	15,4	16,5	18,5	19,6	15,5	14,3	17,5	16,5
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	5,6	5,9	6,3	6,7	5,8	7,8	4,5	5,6	5,6	6,7	7	7,8	6,7	6,9	6,2	6,6
7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
8	11,2	11,4	13,5	12,9	13,4	10,4	10,45	11,3	10,4	9,5	9,4	10,4	12,4	12,5	11,6	12,7
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	6,4	8,5	7,3	6,9	6,1	6,3	6,6	7,4	6,2	7,6	6,4	7,1	6,4	8,9	7,3	7,3
11	5,1	5,6	6,4	6,7	6,5	7,5	7,3	6,2	6,7	6,4	6,9	5,4	5,7	5,4	6,5	6,9
12	7,1	7,4	7,8	7,1	7,4	7,9	8,1	7,4	8,4	7,3	7,5	8,1	7,3	7,1	8,3	8,5
13	6,1	6,4	6,8	7,1	8,3	8,9	7,8	8,9	7,5	8,5	8,6	8,9	8,4	8,3	8,1	8,6
14	9,2	9,1	9,3	10,3	10,4	10,6	9,4	9,6	10,5	11,1	9,8	9,1	12,3	11,3	9,4	9,3
15	6,7	6,5	5,1	5,4	6,2	6,7	5,8	6,4	5,3	7,1	5,7	6,2	6,1	5,9	5,3	6,1
16	8,8	8,4	8,5	7,8	8,1	7,3	8,2	7,4	8,8	7,1	8,3	8,2	8,5	7,8	7,8	7,7
17	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
18	11,2	11,8	11,4	11,2	11,8	11,9	10,4	10,9	11,2	11,8	11,9	12,1	12,4	11,8	12,1	11,5
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	3,3	3,5	3,4	3,8	4,2	3,9	4,2	4,3	4,8	4,4	4,3	4,1	3,9	4,3	3,9	4,1
21	5,1	5,3	4,3	4,6	5,1	5,4	6,1	6,3	5,4	6,4	5,4	6,1	5,1	5,2	5,7	5,9
22	7,1	8,5	7,1	7,9	8,3	8,4	7,5	8,1	8,3	8,4	7,6	7,2	7,9	7,6	7,3	7,1
23	7,1	7,2	8,3	8,5	7,2	7,1	7,8	8,1	8,2	7,4	6,9	6,6	6,8	7,1	8,1	7,4

Anexo F – Tempos por postos 1ª Iteração

Posto 1	Tempos	Posto 2	Tempos	Posto 3	Tempos	Posto 4	Tempos	Posto 5	Tempos
1	33,13	1	15,73	1	6,17	1	24,95	1	16,17
2	31,14	2	14,13	2	8,93	2	31,84	2	17,9
3	37,3	3	15,37	3	7,18	3	24,9	3	18,4
4	36,09	4	13,39	4	7,48	4	27,04	4	14,55
5	37	5	13,06	5	7,61	5	35,22	5	16,65
6	32,86	6	13,87	6	7,65	6	28,25	6	20,55
7	40,28	7	13,13	7	7,69	7	28,82	7	19,25
8	45,46	8	13,53	8	7,25	8	32,31	8	17,9
9	30,56	9	13,59	9	8,93	9	29,15	9	15,71
10	43,22	10	13,54	10	6,81	10	25,71	10	16,68
11	37	11	13,23	11	11,18	11	29,69	11	20,25
12	39,38	12	13,37	12	8,33	12	31,41	12	18,55
13	45,21	13	17,83	13	7,63	13	32,42	13	16,05
14	42,37	14	16,1	14	8,05	14	29,76	14	14,58
15	37,12	15	16,26	15	9,96	15	32,1	15	16,71
16	34,54	16	14,24	16	8,84	16	33,43	16	17,45
Média	37,67	Média	14,40	Média	8,11	Média	29,81	Média	17,33
Min	30,56	Min	13,06	Min	6,17	Min	24,9	Min	14,55
Max	45,46	Max	17,83	Max	11,18	Max	35,22	Max	20,55

Anexo G – Lista de pedidos do cliente

LISTA DE PEDIDOS DE CLIENTE					Empresa
					Data
ID ENCOMENDA	PRODUTO			Quantidade	Expedição
	A	B	C		
1	X			2	
2		X		3	
3	X			3	
4			X	3	
5			X	3	
6	X			2	
7		X		3	
8		X		3	
9			X	3	
10	X			3	
11		X		2	
12		X		3	
13			X	3	
14	X			3	
15			X	3	

Anexo H – Lista de previsão de pedidos do cliente

LISTA DE PREVISÃO DE PEDIDOS DE CLIENTE				
ID ENCOMENDA	PRODUTO			Quantidade
	A	B	C	
1	X			5
		X		3
			X	6
2	X			5
		X		6
			X	3
3	X			3
		X		5
			X	6

Anexo I - Zoneamento

<p>Zona de Stock intermédio</p>	 <p>Stock Intermédio</p>
<p>Zona de produto acabado</p>	 <p>PRODUTO ACABADO</p>
<p>Zona de entrega de produtos acabado ao cliente</p>	

Anexo J – Instruções de trabalho para o *Layout* não balanceado

Posto 1	<p>1. Pegar na tampa macho com o interior voltado para cima e com os dois orifícios paralelos em baixo. Colocar um parafuso A num dos dois orifícios.</p> <p>2. Colocar o cerra-cabos pela parte interna da tampa macho. O cerra-cabos deve coincidir com os orifícios dos parafusos e deve ser colocado de forma a criar uma Saliência. Apontar o parafuso A de modo a fixar minimamente o cerra-cabos à tampa.</p> <p>3. Pressionando o cerra-cabos, apertar com a chave de parafusos, o parafuso A que foi colocado no passo 1.</p> <p>4. No lado oposto ao parafuso já inserido, colocar outro parafuso do mesmo tipo (parafuso A). Apontar o parafuso de forma a fixá-lo minimamente.</p> <p>5. Pressionando o cerra-cabos, apertar o parafuso A com a chave de parafusos, que foi colocado no passo 4.</p>
Posto 2	<p>6. A tampa macho deve estar posicionada de modo a que o cerra-cabos se encontre no centro e na parte inferior da peça, face ao utilizador. Introduzir o perno fusível pelo lado interior da tampa macho, no orifício rectangular direito.</p> <p>7. Mantendo a posição anterior da tampa macho, colocar no orifício rectangular central o perno central.</p> <p>8. Mantendo a posição anterior da tampa, colocar no orifício rectangular à esquerda, o perno simples.</p>
Posto 3	<p>9. O encaixe do fusível deve ser feito numa das extremidades metálicas do mesmo não criando saliência. O parafuso do suporte do fusível deve estar virado para dentro coincidindo com o meio do fusível. Após estas duas condições, encaixar o suporte do fusível no fusível.</p>
Posto 4	<p>10. O encaixe do conjunto (suporte do fusível e fusível) deve ser feito pela parte interna da tampa macho e a extremidade livre tem que ser colocada de forma a não criar saliência. Após estas condições encaixar o conjunto na tampa macho.</p> <p>11. Fechar a tampa macho com a tampa fêmea, com todos os componentes no interior.</p> <p>12. Colocar um parafuso B, na tampa macho pelo lado externo. Neste momento só existe um orifício disponível para o parafuso B.</p> <p>13. Apertar o parafuso B com a chave de parafusos.</p>
Posto 5	<p>14. Encaixar a etiqueta de instruções adequada nos três pernos. A etiqueta tem o formato da ficha.</p> <p>15. Pegar no saco hermético e abri-lo.</p> <p>16. Colocar a ficha no interior do saco e fechar o saco.</p> <p>17. Retirar uma etiqueta de acordo com a amperagem do fusível e colocá-la no saco.</p>

Anexo K – Tempos por postos

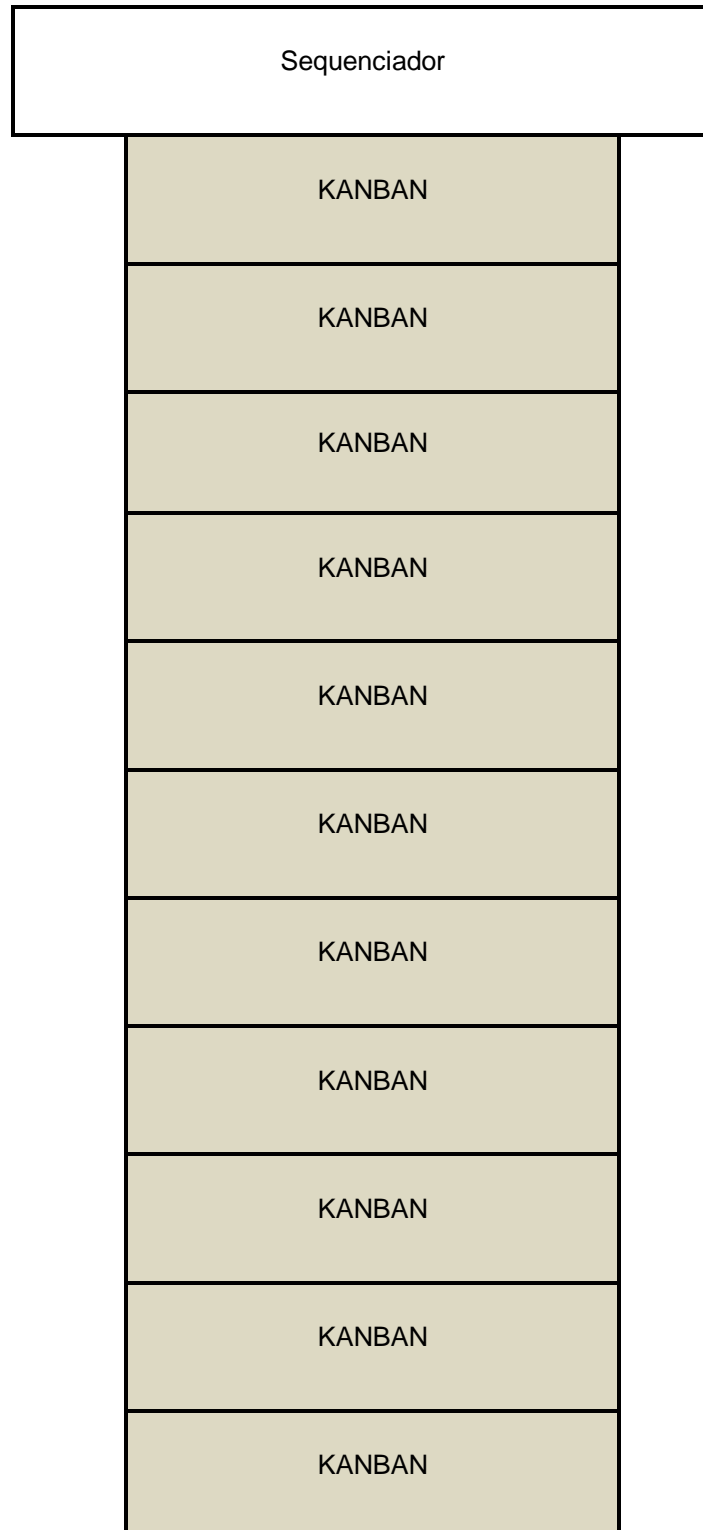
Posto 1	Tempos	Posto 2	Tempos	Posto 3	Tempos	Posto 4	Tempos
1	35,60	1	38,51	1	18,55	1	21,96
2	39,39	2	37,83	2	19,90	2	22,75
3	39,93	3	35,90	3	19,62	3	18,86
4	39,58	4	39,52	4	18,62	4	23,80
5	38,87	5	36,00	5	22,19	5	19,97
6	41,52	6	44,42	6	20,23	6	20,41
7	37,61	7	42,42	7	18,59	7	21,84
8	36,39	8	35,55	8	22,77	8	20,41
9	44,23	9	41,91	9	19,54	9	21,34
10	37,64	10	41,54	10	22,59	10	19,75
11	36,38	11	42,80	11	18,70	11	21,58
12	45,42	12	39,93	12	20,44	12	21,69
13	42,34	13	40,95	13	23,58	13	20,44
14	39,03	14	41,34	14	19,65	14	22,28
15	39,90	15	39,43	15	19,40	15	23,27
16	41,19	16	40,30	16	18,30	16	20,26
Média	39,69 / 19,84	Média	39,90 / 19,95	Média	20,17	Média	21,29
Min	35,6	Min	35,55	Min	18,3	Min	18,86
Max	45,42	Max	44,42	Max	23,58	Max	23,8

Anexo L – Instruções de trabalho da 2ª iteração (balanceado)

Como o *layout* e a atribuição das tarefas aos postos foram alteradas, é necessário reformular as instruções de trabalho.









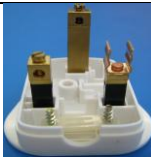




Posto 1/2	<ol style="list-style-type: none">1. Pegar na tampa macho com o interior voltado para cima e colocar o cerra cabos, pelo lado interno. Os orifícios do cerra cabos devem coincidir com os orifícios paralelos da tampa. Manter pressionado.2. Inserir um parafuso A num dos orifícios paralelos e rodá-lo ligeiramente de modo a fixar minimamente o fixador a tampa macho. Repetir o processo para outro parafuso A no orifício oposto.3. Apontar com a chave de parafusos os dois parafusos A de forma a não se soltar.4. A tampa macho deve estar posicionada de modo a que o fixador se encontre no centro e na parte inferior da peça, face ao utilizador. Introduzir o perno fusível pelo lado interior da tampa macho, no orifício rectangular direito.5. Mantendo a posição anterior da tampa macho, colocar no orifício rectangular central o perno central.6. Mantendo a posição anterior da tampa, colocar no orifício rectangular à esquerda, o perno simples.
Posto 3	<ol style="list-style-type: none">7. Colocar o suporte do fusível na tampa macho para que os dois encaixes para o fusível estejam alinhados e ao mesmo nível.8. Colocar o fusível nos encaixes. Centrar o máximo possível o fusível entre os suportes.9. Fechar a tampa macho com a tampa fêmea, com todos os componentes no interior.10. Apontar um parafuso B, na tampa macho pelo lado externo. Neste momento só existe um orifício disponível para o parafuso B.
Posto 4	<ol style="list-style-type: none">11. Apertar o parafuso B com a chave de parafusos.12. Encaixar a etiqueta de instruções adequada nos três pinos. O papel tem o formato da ficha.13. Pegar no saco hermético e abri-lo.14. Colocar a ficha no interior do saco e fechar o saco.15. Retirar uma etiqueta de acordo com a amperagem do fusível e colocá-la no saco.16. Colocar produto na caixa de produto acabado e colocar <i>Kanban</i> quando realizar lote de 3 produtos.



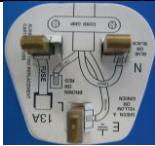



Anexo M - Sequenciador


























Anexo N – Instruções de trabalho com gestão visual

Para auxiliar a percepção das instruções de trabalho na 3ª iteração utilizou-se a gestão visual como podemos ver a seguir.

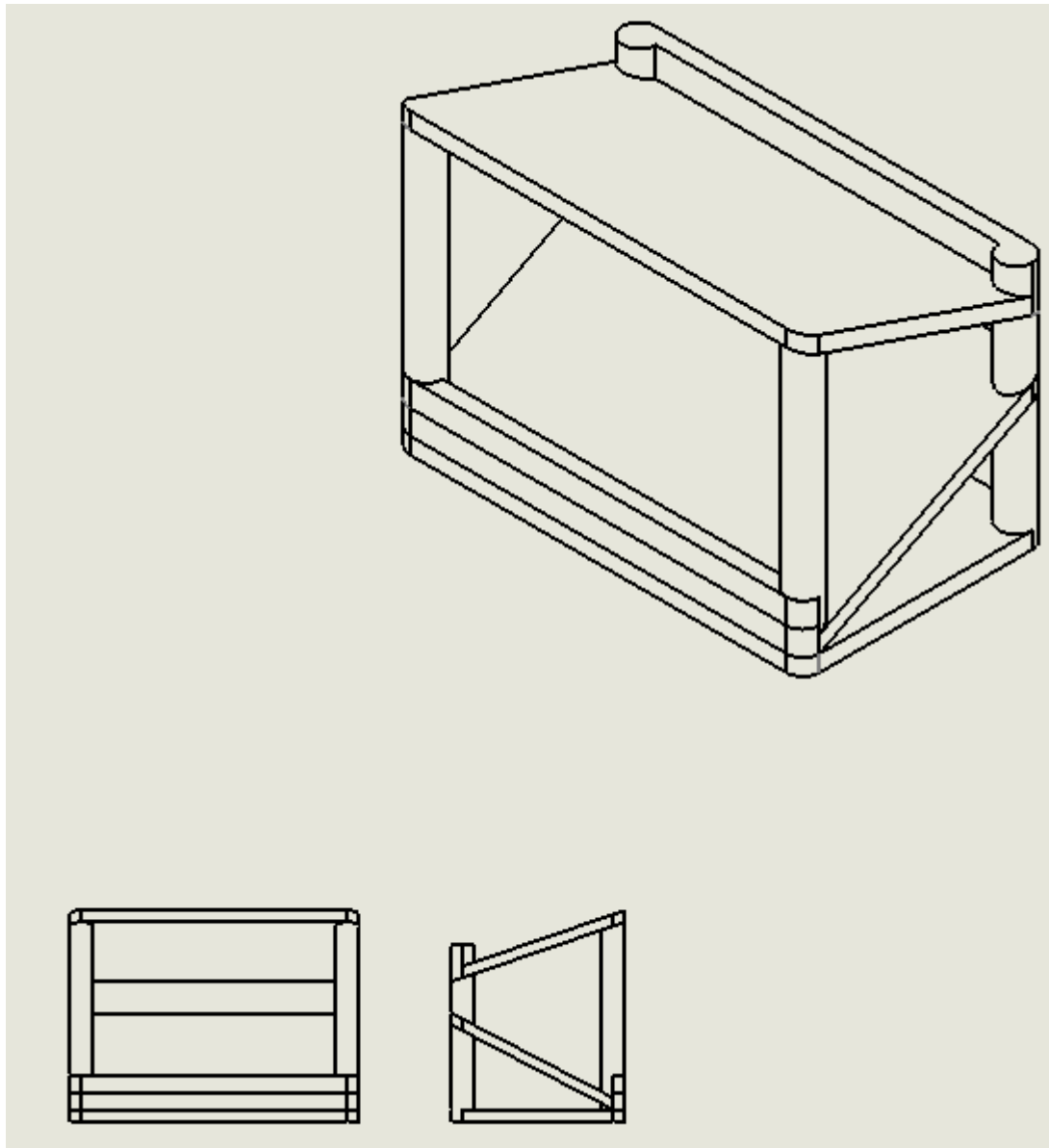
Posto 1/2	Pegar na tampa macho e inserir o fixador sobre os dois orifícios paralelos.		
	Inserir um parafuso A e rodá-lo ligeiramente com a mão. Repetir o processo para outro parafuso A no orifício oposto.		
	Apertar com a chave de parafusos os dois parafusos A.		
	Introduzir o pino direito.		
	Introduzir o pino central.		
	Introduzir o pino esquerdo.		
Posto 3	Colocar o suporte do fusível na tampa macho de forma que os dois encaixes para o fusível estejam alinhados e ao mesmo nível.		
	Colocar o fusível centrado como nas imagens.		
	Colocar a tampa fêmea		

	Colocar o parafuso B.		
Posto 4	Apertar o parafuso B com a chave de parafusos.		
	Colocar o papel.		
	Pegar no saco hermético e abri-lo.		
	Colocar a ficha no interior do saco e fechar o saco.		
	Etiquetar o saco.		

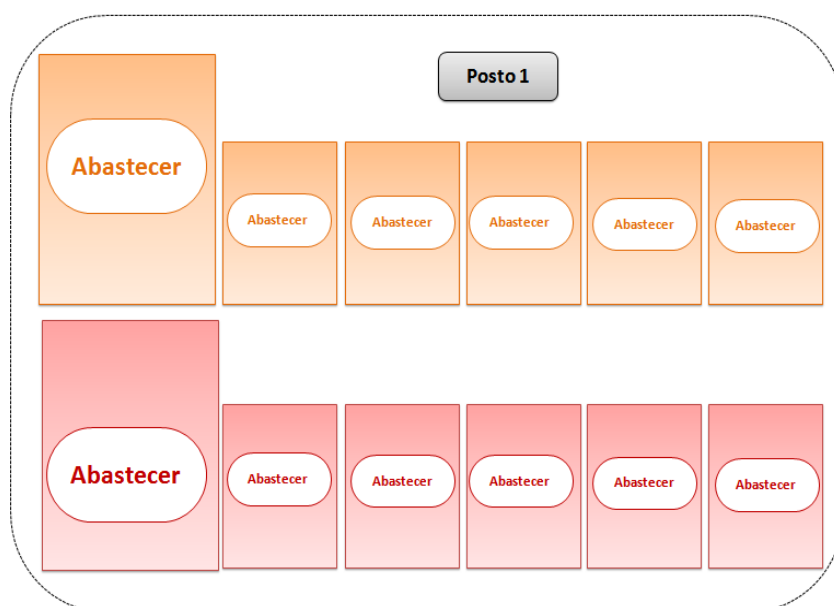
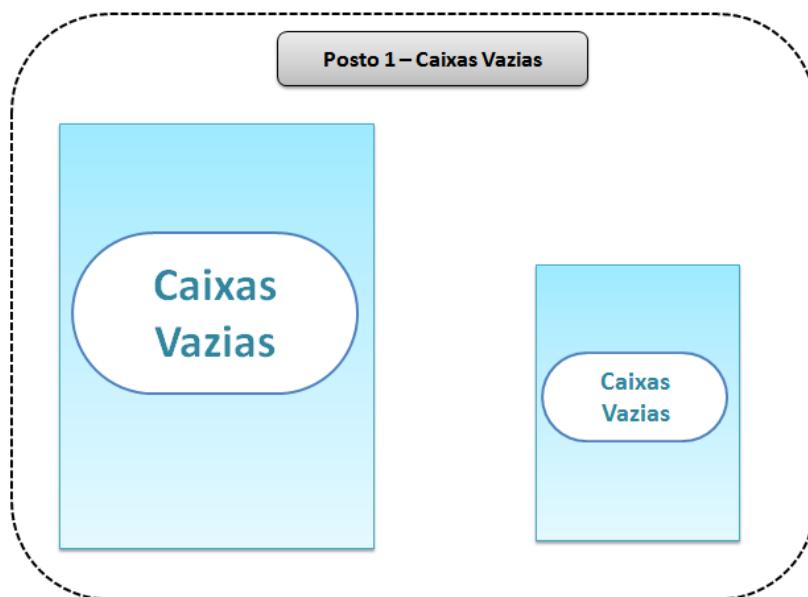
Anexo O – Tabuleiro do *Mizu*

<div></div> <div>Posto 1</div> <div></div>	<div></div> <div>Posto 2</div> <div></div>
<div></div> <div>Posto 3</div> <div></div>	<div></div> <div>Posto 4</div>

Anexo P – Pous previsto



Anexo Q – *Pous* utilizado



Anexo R – Tempos retirados da simulação

Posto 1		Posto 2		Posto 3		Posto 4		Posto 5	
1	32,76		5,89		13,65		40,9		45,5
2	23,3		5,99		17,89		27,1		37,8
3	26,52		6,1		23,4		24,9		28,6
4	25,85		5,28		25,9		14,6		19,5
5	31,68		7,01		15,09		29,7		24,3
6	25,74		5,01		14		19,1		24,9
7	23,88		7,69		13,4		15,87		24,54
8	23,2		6,81		17,3		13,8		34,5
9	25,94		7,5		13,46		22,8		30,43
Média	26,54	Média	6,36	Média	17,12	Média	23,20	Média	30,01
Stock		Stock		Stock		Stock		Stock	
Pré-processo	0	Pré-processo		Pré-processo	1	Pré-processo	2	Pré-processo 5	
Pós-processo	10	Pós-processo		Pós-processo	4	Pós-processo	5	Pós-processo 0	
Capacidade	33,6	Capacidade	150	Capacidade	52	Capacidade	39	Capacidade	30

<i>Lead Time</i>	0,57
<i>Process Time</i>	96,75